

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN  
ZUR ABDICHTUNG DES DARMS BEI  
INKONTINENTEN KINDERN MIT HILFE  
EINES ANALEN TAMPONSYSTEMS -  
BEWERTUNG UND ERGEBNISSE  
VON ALTERNATIVMETHODEN

von  
Josef Plötz  
aus  
Plattling

*Hrsg. Kelangen*  
*1984*

1984 # 143



Auf der Chirurgischen Klinik des Poliklinikums

des Universitätsklinikums Hamburg

Hamburg, am 15. Mai 1971

# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR ABOCHTUNG DES DARMS BEI INKONTINENTEN KINDERN MIT HILFE EINES ANALEN TAMPONSYSTEMS - BEWERTUNG UND ERGEBNISSE VON ALTERNATIVMETHODEN

von Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

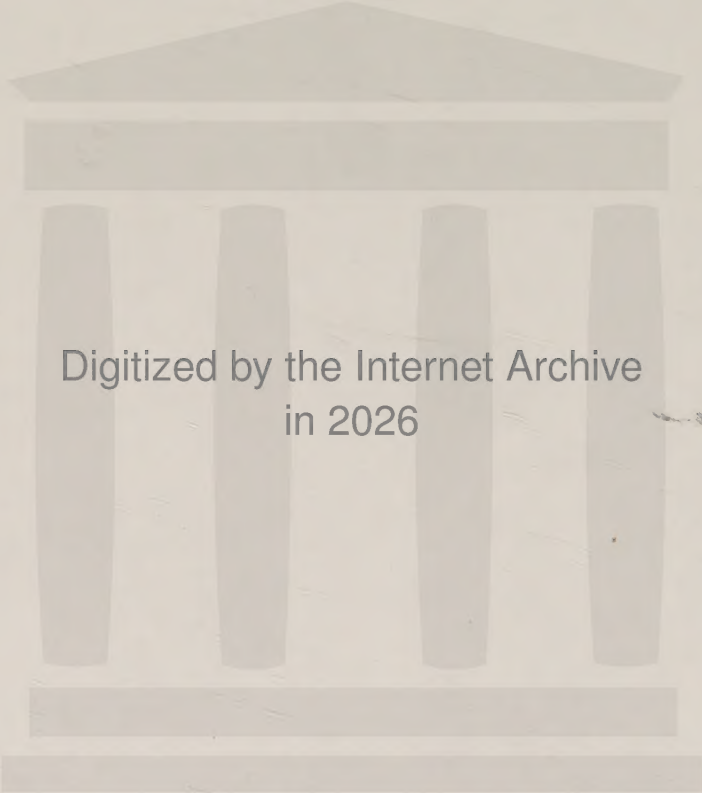
Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.

Dr. med. habil. Dr. phil. habil.



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik

der Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. med. F. P. Gall

---

**EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN  
ZUR ABDICHTUNG DES DARMS BEI  
INKONTINENTEN KINDERN MIT HILFE  
EINES ANALEN TAMPONSYSTEMS -  
BEWERTUNG UND ERGEBNISSE  
VON ALTERNATIVMETHODEN**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der Friedrich - Alexander - Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

**Josef Plötz**

aus

Plattling

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät  
der Universität Erlangen-Nürnberg

---

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf  
Referent: Prof. Dr. G.H. Willital  
Korreferent: Prof. Dr. F.P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 06.02.1984

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1. Einleitung            | 1   |
| 2. Die Bedeutung der ... | 2   |
| 3. Die ...               | 3   |
| 4. Die ...               | 4   |
| 5. Die ...               | 5   |
| 6. Die ...               | 6   |
| 7. Die ...               | 7   |
| 8. Die ...               | 8   |
| 9. Die ...               | 9   |
| 10. Die ...              | 10  |
| 11. Die ...              | 11  |
| 12. Die ...              | 12  |
| 13. Die ...              | 13  |
| 14. Die ...              | 14  |
| 15. Die ...              | 15  |
| 16. Die ...              | 16  |
| 17. Die ...              | 17  |
| 18. Die ...              | 18  |
| 19. Die ...              | 19  |
| 20. Die ...              | 20  |
| 21. Die ...              | 21  |
| 22. Die ...              | 22  |
| 23. Die ...              | 23  |
| 24. Die ...              | 24  |
| 25. Die ...              | 25  |
| 26. Die ...              | 26  |
| 27. Die ...              | 27  |
| 28. Die ...              | 28  |
| 29. Die ...              | 29  |
| 30. Die ...              | 30  |
| 31. Die ...              | 31  |
| 32. Die ...              | 32  |
| 33. Die ...              | 33  |
| 34. Die ...              | 34  |
| 35. Die ...              | 35  |
| 36. Die ...              | 36  |
| 37. Die ...              | 37  |
| 38. Die ...              | 38  |
| 39. Die ...              | 39  |
| 40. Die ...              | 40  |
| 41. Die ...              | 41  |
| 42. Die ...              | 42  |
| 43. Die ...              | 43  |
| 44. Die ...              | 44  |
| 45. Die ...              | 45  |
| 46. Die ...              | 46  |
| 47. Die ...              | 47  |
| 48. Die ...              | 48  |
| 49. Die ...              | 49  |
| 50. Die ...              | 50  |
| 51. Die ...              | 51  |
| 52. Die ...              | 52  |
| 53. Die ...              | 53  |
| 54. Die ...              | 54  |
| 55. Die ...              | 55  |
| 56. Die ...              | 56  |
| 57. Die ...              | 57  |
| 58. Die ...              | 58  |
| 59. Die ...              | 59  |
| 60. Die ...              | 60  |
| 61. Die ...              | 61  |
| 62. Die ...              | 62  |
| 63. Die ...              | 63  |
| 64. Die ...              | 64  |
| 65. Die ...              | 65  |
| 66. Die ...              | 66  |
| 67. Die ...              | 67  |
| 68. Die ...              | 68  |
| 69. Die ...              | 69  |
| 70. Die ...              | 70  |
| 71. Die ...              | 71  |
| 72. Die ...              | 72  |
| 73. Die ...              | 73  |
| 74. Die ...              | 74  |
| 75. Die ...              | 75  |
| 76. Die ...              | 76  |
| 77. Die ...              | 77  |
| 78. Die ...              | 78  |
| 79. Die ...              | 79  |
| 80. Die ...              | 80  |
| 81. Die ...              | 81  |
| 82. Die ...              | 82  |
| 83. Die ...              | 83  |
| 84. Die ...              | 84  |
| 85. Die ...              | 85  |
| 86. Die ...              | 86  |
| 87. Die ...              | 87  |
| 88. Die ...              | 88  |
| 89. Die ...              | 89  |
| 90. Die ...              | 90  |
| 91. Die ...              | 91  |
| 92. Die ...              | 92  |
| 93. Die ...              | 93  |
| 94. Die ...              | 94  |
| 95. Die ...              | 95  |
| 96. Die ...              | 96  |
| 97. Die ...              | 97  |
| 98. Die ...              | 98  |
| 99. Die ...              | 99  |
| 100. Die ...             | 100 |

Meinen Eltern gewidmet



## INHALTSVERZEICHNIS

---

|                                                                           | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| I. Einleitung                                                             | 7     |
| II. Das Kontinenzorgan, anatomische und physiologische Grundlagen         | 11    |
| 1. Die Rezeptoren                                                         | 12    |
| a) Das Rektum                                                             | 12    |
| b) Der Analkanal                                                          | 14    |
| 2. Die Effektoren                                                         | 16    |
| a) M. levator ani                                                         | 16    |
| b) M. sphincter ani externus                                              | 22    |
| c) M. sphincter ani internus                                              | 24    |
| d) Corpus cavernosum recti                                                | 25    |
| 3. Leitungsbahnen und Integration                                         | 26    |
| a) Das Großhirn                                                           | 26    |
| b) Das Rückenmark                                                         | 27    |
| c) Der Sympathicus                                                        | 28    |
| d) Der Parasympathicus                                                    | 28    |
| e) Das Intramurale Nervensystem                                           | 29    |
| 4. Die Kontinenzreaktion, Defäkation und das Zusammenspiel der Muskulatur | 35    |

|                                                                                     | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| III. Rektale Inkontinenz                                                            | 38    |
| 1. Definition der Inkontinenz                                                       | 38    |
| 2. Ursachen der Inkontinenz                                                         | 40    |
| a) Angeborene Anomalien                                                             | 40    |
| b) Traumatische Ursachen                                                            | 41    |
| c) Inkontinenz nach chirurgischen Eingriffen                                        | 41    |
| 3. Die Bedeutung klinischer Untersuchungen<br>für die Beurteilung der Kontinenzlage | 43    |
| a) Manometrie und Elektromyographie                                                 | 45    |
| b) Defäkogramme und Endoskopie                                                      | 49    |
| IV. Operationsmethoden zur Behandlung der Inkontinenz                               | 52    |
| A. Chronologische Übersicht                                                         | 53    |
| B. Gracilis-Plastik                                                                 | 55    |
| 1. Operationsindikation                                                             | 55    |
| 2. Anatomie des M. gracilis                                                         | 58    |
| 3. Technik der Gracilis-Plastik                                                     | 60    |
| a) Präparation des M. gracilis                                                      | 60    |
| b) Bildung eines Tunnels um das Rektum                                              | 61    |
| c) Hindurchleitung durch den perianalen<br>Kanal                                    | 63    |
| d) Fixation der Gracilis-Sehne                                                      | 65    |
| 4. Modifikation der Gracilis-Plastik nach<br>HARTL                                  | 67    |
| 5. Bewertung der Operationsmethode                                                  | 69    |

|                                                                               | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| C. Levator-Plastik                                                            | 72    |
| 1. Operationsindikation                                                       | 72    |
| 2. Technik der Levator-Plastik                                                | 75    |
| 3. Bewertung der Operationsmethode                                            | 78    |
| D. Plastik aus freiem autologen Skelettmuskel-<br>transplantat                | 79    |
| 1. Theoretische Grundlagen                                                    | 80    |
| 2. Operationsindikation                                                       | 85    |
| 3. Operationstechnik                                                          | 86    |
| a) Denervierung des Skelettmuskels                                            | 86    |
| b) Transplantation des denervierten Muskels                                   | 88    |
| 4. Bewertung der Operationsmethode                                            | 90    |
| E. Plastik aus freiem autologen Darmmuskel-<br>transplantat                   | 95    |
| 1. Theoretische Grundlagen                                                    | 95    |
| 2. Operationsindikation                                                       | 96    |
| 3. Operationstechnik                                                          | 97    |
| 4. Bewertung der Operationsmethode                                            | 100   |
| F. Ergebnisse der Operationsmethoden                                          | 101   |
| 1. Ergebnisse der Gracilis-Plastik                                            | 102   |
| 2. Ergebnisse der Levator-Plastik                                             | 107   |
| 3. Ergebnisse der freien autologen Skelett-<br>muskel- und Darmmuskel-Plastik | 108   |
| 4. Ergebnisübersicht der Operationsmethoden                                   | 110   |

|                                                                             | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| V. Behandlung der analen Inkontinenz durch den künstlichen Enddarmverschluß | 113   |
| A. Beschreibung                                                             | 113   |
| 1. Das Samarium - Cobalt Ringsystem                                         | 113   |
| a) Material                                                                 | 113   |
| b) Abmessungen                                                              | 117   |
| 2. Analtampon                                                               | 118   |
| a) Tamponumhüllung                                                          | 118   |
| b) Endotampon                                                               | 123   |
| 3. Vorgehen beim Applizieren des Analtampons                                | 124   |
| B. Implantation des künstlichen Enddarms                                    | 125   |
| 1. Praeoperatives Vorgehen und Operationsindikation                         | 125   |
| 2. Operationstechnik                                                        | 127   |
| 3. Postoperatives Vorgehen                                                  | 138   |
| VI. Darmgasabsorptionsmöglichkeiten durch den Analtampon                    | 141   |
| 1. Menge und Zusammensetzung der Darmgase                                   | 141   |
| 2. Geruchslöschung durch Grillocin <sup>R</sup>                             | 142   |
| a) Beschreibung des Wirkstoffes                                             | 142   |
| b) Wirkungsweise                                                            | 145   |
| c) Toxikologische und dermatologische Eigenschaften                         | 146   |

|                                                                                                    | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| VII. Experimentelle Untersuchungen zur Bindung von Schwefelwasserstoff mit Grilloclin <sup>R</sup> | 148   |
| A. Versuchsprinzip                                                                                 | 148   |
| 1. Versuchsanordnung                                                                               | 148   |
| 2. Die standartisierte Versuchsdurchführung                                                        | 152   |
| 3. Quantitative Messung von Schwefelwasserstoff mit einer sulfidspezifischen Elektrode             | 159   |
| a) Theoretische Grundlagen                                                                         | 159   |
| b) Messung der Sulfidkonzentration                                                                 | 160   |
| B. Messungen und Ergebnisse                                                                        | 165   |
| 1. Fragestellung                                                                                   | 165   |
| 2. Versuche und Messungen                                                                          | 167   |
| a) Versuch 1                                                                                       | 168   |
| b) Versuch 2                                                                                       | 180   |
| c) Versuch 3                                                                                       | 186   |
| d) Versuch 4                                                                                       | 189   |
| e) Zwischenergebnisse                                                                              | 191   |
| f) Versuch 5                                                                                       | 194   |
| g) Zwischenergebnisse                                                                              | 198   |
| h) Versuch 6 und 7                                                                                 | 201   |
| 3. Ergebnisse und Diskussion                                                                       | 209   |

|                          | Seite |
|--------------------------|-------|
| VIII. Zusammenfassung    | 212   |
| IX. Literaturverzeichnis | 214   |
| X. Lebenslauf            | 225   |

## I. EINLEITUNG

---

- Teil I enthält einen Einblick in die Problemstellung sowie einleitende Angaben.
- Teil II beschreibt die anatomischen und physiologischen Grundlagen der Kontinenzleistung und die Mechanismen bei der Kontinenzreaktion und Defäkation.
- Teil III behandelt die Ursachen der analen Inkontinenz und weist auf die Bedeutung verschiedener klinischer Untersuchungen bei der Beurteilung der Kontinenzlage hin.
- Teil IV beinhaltet eine chronologische Übersicht zur Behandlung der Inkontinenz und eine ausführliche Beschreibung von vier Operationstechniken, daneben neuere Erkenntnisse über die Wirkungsweise der beschriebenen Methoden, sowie eine Zusammenstellung der erzielten Ergebnisse.
- Teil V Es folgt die Beschreibung einer Methode zur Behandlung der Inkontinenz mit einem Implan-



tierbaren analen Tamponsystem. Die Geruchsbelästigung der Patienten mit Analtrampon als unangenehme Nebenwirkung wird erörtert.

Teil VI Hier wird die Zusammensetzung der menschlichen Darmgase beschrieben. Ein Mittel zur chemischen Geruchslöschung, seine Wirkungsweise, sowie seine toxikologischen und dermatologischen Eigenschaften, wird vorgestellt.

Teil VII enthält eine detaillierte Beschreibung unserer Versuche zur Messung der Absorption von Schwefelwasserstoff mit einer Zusammenfassung und Beurteilung der Ergebnisse.

Die Ursachen der analen Inkontinenz sind sehr vielfältig. Außer Verletzungen, gehören auch Mißbildungen der Innervation und der entsprechenden Muskeln dazu.

Oft gelingt es Infolge der Kompliziertheit des Kontinenzorgans nicht, durch operative Eingriffe einen suffizienten Enddarmverschluß wiederherzustellen.

Gerade deshalb ist es notwendig, Wege zu suchen, um den betroffenen Menschen zu helfen.

Der künstliche Enddarmverschluß ist ein Schritt zur Lösung dieses Problems.

Störung des Kontinenzorgans

Z N S

Willkürlich

Unwillkürlich

Motorik

Sensorik

Sphinktermuskulatur

Analkanal

(Oberflächensensorik)

Quergestreift

Glatt

(Intermittierende  
Kontraktion)

(Dauerkontraktion)

Rektum

Rektum

(Reservoirfunktion)

(Dehnungsrezeptoren)

Kolon

Beckenboden

(Stuhlkonsistenz)

(Dehnungsrezeptoren)

Abb. 1: Physiologie des Kontinenzorgans (nach NIXON)

Anatomische Faktoren

Zum Darm nicht gehörende  
Faktoren

Beckenbodenmuskulatur

Anococcygeale Raphe

Darmspezifische Faktoren

Conjoined Tails

Verschieblichkeit der  
Mukosa

Abb. 2: Physiologie des Kontinenzorgans (nach NIXON)

## II. DAS KONTINENZORGAN - ANATOMISCHE UND PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

---

Anale Kontinenz bedeutet die Fähigkeit zur willkürlichen Kontrolle der Defäkation (73). Das setzt einen dichten und festen, willkürlichen und unwillkürlichen Verschuß des analen Reservoirorgans, des Rektums, voraus. Dieses Organ verhindert ein ständiges Ausscheiden der Exkremente. Es wandelt einen kontinuierlichen in einen diskontinuierlichen Vorgang um (76). Für das einwandfreie Funktionieren der analen Kontinenz und der willkürlichen Defäkation ist ein Sphinkterapparat zuständig, den man als Kontinenzorgan bezeichnen kann (20, 81, 83, 85). Die Leistung des Kontinenzorgans hängt ab von der Intaktheit seiner Einzelkomponenten und deren sinnvollem Zusammenwirken. Das Kontinenzorgan wird aus allen drei Keimblättern aufgebaut und besteht aus:

1. Rektum und Corpus cavernosum recti
2. Innerer (unwillkürlicher, glatter) und äußerer (willkürlicher, quergestreifter) Schließmuskulatur
3. Analkanal
4. Zentralem und peripherem Nervensystem.

Die Kontinenzleistung selbst wird durch das o. e. Zusammenwirken dieser Funktionselemente in einem Regelkreis erreicht. Dieser Regelkreis besteht aus Rezeptoren, Effektoren, aus den nervösen Leitungsbahnen und aus einem Integrationsapparat, der die Organleistung koordiniert (80).

## 1. Die Rezeptoren

### a) Das Rektum

Das Rektum ist beim Erwachsenen durchschnittlich 12 - 15 cm lang. Es schließt sich kaudal vom 3. Sakralwirbel an das Colon sigmoideum an. Der Anfangsteil des Rektums hat häufig noch eine mesoartige Aufhängung und wird als Rectum mobile bezeichnet, im Gegensatz zu dem kaudal anschließendem Rectum fixum. Zunächst retro- dann extra-peritoneal liegend schmiegt es sich der Konvexität des Os sacrum an. Der 10 - 12 cm lange Bereich der Flexura sacralis wird als Ampulla recti bezeichnet. Danach schließt sich unmittelbar die Flexura perinealis an. Dabei biegt das Rektum scharf nach hinten ab, durchsetzt den muskulären Beckenboden (M. levator ani) und verengt sich zum Analkanal. Die Länge des Analkanals, von der Linea dentata bis zur Linea anocutanea, beträgt bei Neugeborenen 2 cm, bei Kleinkindern 2,5 - 3 cm, bei Schulkindern 3 - 3,5 cm und bei Erwachsenen 4 cm (Willital).

Die typischen Kolonmerkmale (Haustren, Taenien, Appendices epiploicae) hat das Rektum verloren. Die Taenien des Kolons verbreitern sich am Rektum zu einer geschlossenen Längsmuskellage, die sich nach kaudal verstärkend, in die Sphinktermuskulatur integriert wird. Bei der Ampulla recti handelt es sich um einen besonders dehnbaren Abschnitt des Enddarms, der eine Funktion als Kotreservoir bis zur proportionierten Absetzung des Stuhls durch Defäkation ausübt.

Die Gefäßversorgung des Rektums erfolgt über:

1. A. rectalis superior

unpaares Hauptgefäß aus der A. mesenterica inf. liegt dorsal vom Rektum, unmittelbar vor dem Os sacrum und erreicht mit 3 Ästen kaudal den Analkanal.

2. Aa. rectales mediae

paarige Äste der A. iliaca int., treten oberhalb des M. levator ani von lateral an das Rektum heran.

3. Aa. rectales inferior

zweigen innerhalb der Fossa ischiorectalis aus dem Alcockschschen Kanal von der A. pudenda int. ab und versorgen die Analhaut und das Sphinkterorgan.

Die Venen folgen den gleichnamigen Arterien. Dabei mündet die unpaarige V. rectalis sup. über die V. mesenterica inf. in die V. portae, die paarigen Vv. rectales mediae et inferiores haben ihren Abfluß zur V. iliaca int. und damit in die untere Hohlvene.

b) Der Analkanal

Der Analkanal ist von einem nicht verhornendem Plattenepithel ausgekleidet. Diese dehnbare Haut ist sehr sensibel und schmerzempfindlich, für die Koordination der Sphinktermuskulatur hat sie eine große Bedeutung. Bei Erschlaffung des M. sphincter ani internus gelangt der Rektuminhalt an die hochsensible Analkanalhaut. Dadurch wird die Identifizierung von Darminhalt als fest, flüssig oder gasförmig erst ermöglicht und die willkürliche Kontraktion des äußeren Schließmuskels eingeleitet. Die Leitungsbahnen für die als rectosphincteren Reflex bezeichnete Aktion des Sphinkter<sup>nn</sup> externus sind die Nervi rectales inf.. Sie ziehen zum Plexus pudendalis ( $S_3 - S_4$ ) und sind mit den höheren motorischen Zentren im Großhirn verknüpft. Bei einem Ausfall der sensorischen Funktion im Analkanal, z.B. nach Whiteheadscher Operation zur Entfernung von Hämorrhoiden, resultiert eine relative Inkontinenz trotz erhaltener Schließmuskulatur. Das Vordringen von Darminhalt in den Analkanal wird vom Betroffenen nicht mehr bemerkt und der rektosphinctere Reflex zum Zurückdrängen des Darminhaltes aus dem Analkanal bleibt aus (73, 80, 83, 85).

Von 1973 - 1979 wurden an unserer Klinik zwanzig erwachsene Patienten nach Verlust ihrer analen Sensibilität operiert. Diese Nachoperation wurde für eine S-Plastik nach FERGUSON durchgeführt. Dabei wurde der

anale Kanal vollständig mit perianaler Haut ausgekleidet. Auf diese Weise kann man durch die Wiederherstellung der analen Sensibilität den früheren Zustand zur Diskrimination des Darminhaltes erreichen. Präoperativ litten von den zwanzig Patienten alle an Juckreiz und Blutungen, neun gaben zusätzlich Schmerzen bei der Defäkation an. Bei fünfzehn Patienten standen Kontinenzstörungen im Vordergrund. Davon waren fünf völlig inkontinent, zehn waren unfähig Flatus von Stuhl zu unterscheiden, also teilingkontinent. Alle zwanzig Patienten wurden nachuntersucht, zwei blieben inkontinent, dreizehn erhielten völlige Kontinenz zurück. Juckreiz, Blutungen oder Schmerzen bei der Defäkation waren bei allen Patienten verschwunden (52). Dies verdeutlicht die Darstellung der analen Kontinenz als Regelkreis, bei dem der vollständige Ausfall auch nur eines Funktionselements zur mehr oder weniger ausgeprägten Funktionseinschränkung führt.

## 2. Die Effektoren

### a) Muskulus levator ani

Die kaudale Öffnung des Beckens wird durch eine trichterförmige, dünne Muskelplatte abgeschlossen: dem M. levator ani. Er entspringt von der Innenfläche des kleinen Beckens am Arcus tendineus unterhalb der Linea arcuata, inseriert am Os sacrum und Os coccygis. Die Levatorfasern strahlen trichterförmig zur Mitte zusammen und gruppieren sich um den Anus zum Sphincter ani externus. Nach hinten ergänzt der M. coccygeus, der von der Spina ischladica entspringt und am Os sacrum und Os coccygis ansetzt, den muskulären Beckenabschluß. Eigentlich besteht der M. levator ani aber aus drei Teilen (68, 69).

1. Der M. ileococcygeus entspringt, den M. obturatorius internus überbrückend, an der oben erwähnten Linea arcuata. Seine Fasern strahlen unterhalb des M. pubococcygeus in die Levatorplatte ein. Zusammen mit dem M. coccygeus bildet er den hinteren und mittleren Teil des Diaphragma pelvis.
2. Der M. pubococcygeus entspringt an der Rückseite des Os pubis und verläuft in sagittaler Richtung bis zu seinem Ansatz am letzten Segment des Os sacrum.

Seine beiden Muskelanteile umgreifen die tiefen Rektumanteile als ein breites fibröses Band, das dem mittleren Abschnitt des Diaphragma pelvis, gebildet vom M. ileococcygeus, aufliegt.

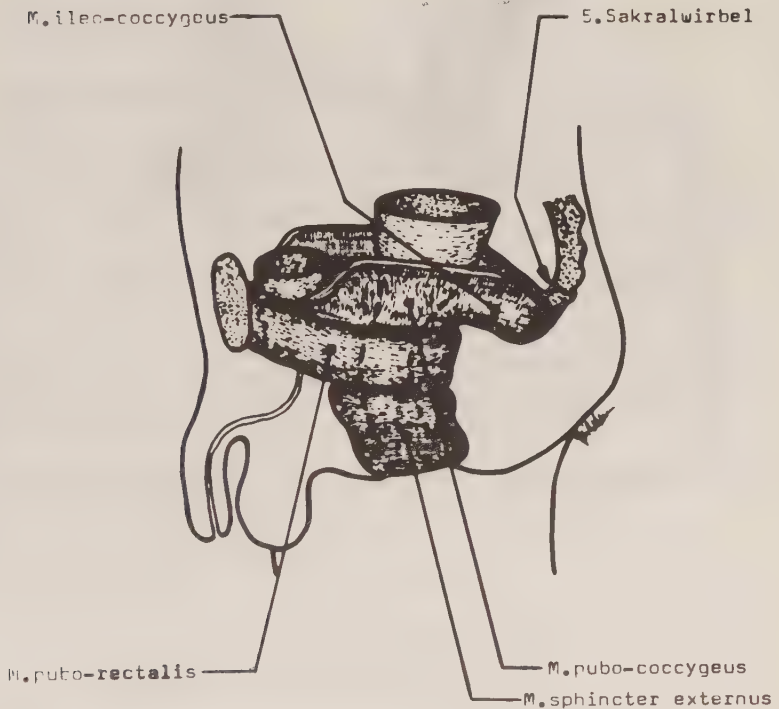


Abb. 3: Überblick zu den für die Kontinenz wichtigen Muskelementen.

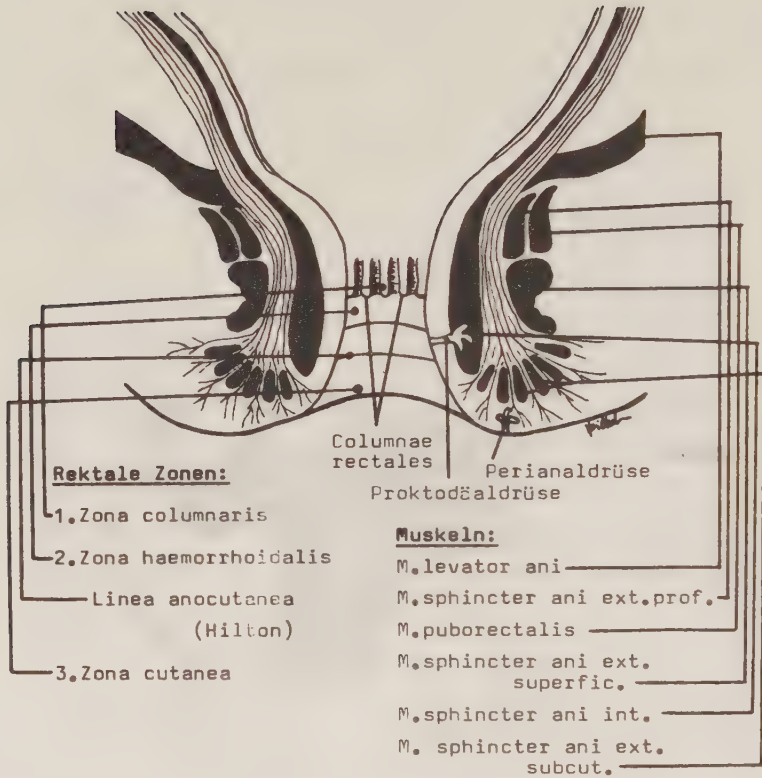


Abb. 4: Schema vom Bau des Sphinkterorgans beim Menschen  
(n. STELZNER)

3. Der M. puborectalis entspringt am kaudalen Teil des Os pubis z.T. gemeinsam mit dem Diaphragma urogenitalis und zieht nach dorsal, wo er sich mit dem korrespondierenden Muskel der Gegenseite hinter dem Anus vereinigt. Dieser Muskel ist eigentlich ein Teil des M. pubococcygeus und bildet an dessen medialen Rand eine muskulöse, ventral gerichtete U-Schlinge, die das Rektum an der Flexura sacralis am Übergang zum Analkanal umgreift. Durch Zug nach vorne hält der M. puborectalis den anorektalen Winkel von durchschnittlich  $95^{\circ} - 105^{\circ}$  aufrecht. Bei intrarektaler oder intraabdominaler Druckerhöhung beträgt der Winkel  $85^{\circ} - 95^{\circ}$  (7). Da ein regelrechter anorektaler Winkel den wesentlichen physikalischen Faktor für den grobmechanischen Schluß des Rektums darstellt, erklärt sich die große Bedeutung des M. puborectalis für die Kontinenz (43, 44, 53, 54, 59). Durch die anorectale Angulation kommt es zu einer Schubkraftverminderung nach der Formel:

$$C = M \times g \times \cos \alpha$$

C = die allein durch das Stuhlgewicht wirkende Schubkraft  
in Richtung Analkanal in Newton ( $\frac{\text{m kg}}{\text{sec}^2}$ )

M = das Stuhlgewicht in Gramm

g = die Fallbeschleunigung ( $9,81 \text{ m sec}^{-2}$ )

$\alpha$  = anorectaler Winkel

Zusätzlich wirkt bei einer abdominalen Druckerhöhung (z.B. Husten) ein mechanischer Faktor, wobei das Anorektum infolge des äußeren Überdrucks gegen die kontrahierte Levatorschlinge gepreßt wird. Der auf die Rektumvorderwand gerichtete abdominelle Druckvektor bewirkt somit einen Verschuß des Rektumlumens (siehe Abb. 5).

Die Besonderheit an diesem Muskel ist zum einen der für einen Skelettmuskel außergewöhnlich hohe Eigentonus, zum anderen die reflektorische Kontraktion bei jeder intra-rektalen oder auch intraabdominalen Druckerhöhung über den anorektalen Ruhedruck hinaus. Dadurch wird der anorektale Winkel aufrechterhalten oder verkleinert, das Anorektum zusätzlich seitlich komprimiert und ein unwillkürlicher Stuhlaustritt verhindert. Die Rezeptoren für diesen spinalen Reflex befinden sich wahrscheinlich im Puborectalis selbst (1, 79).

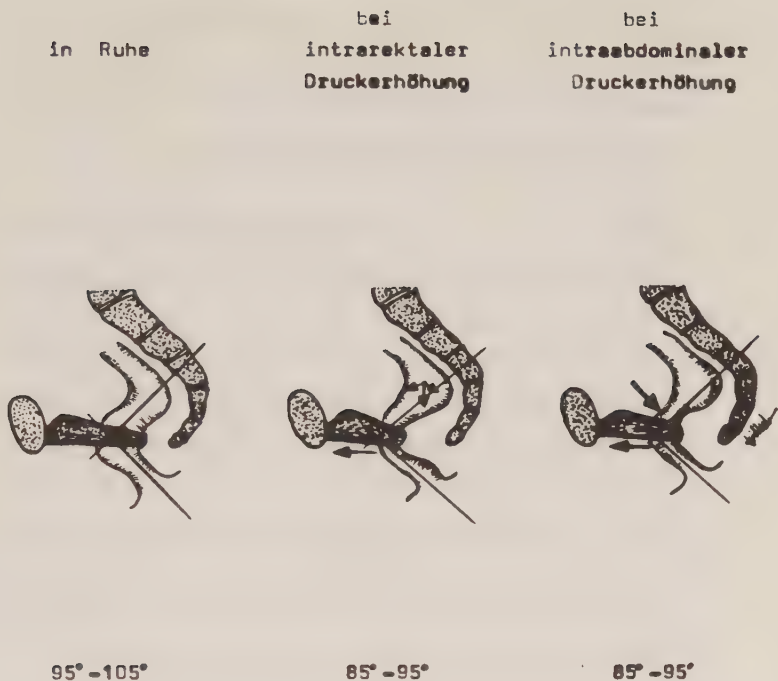


Abb. 5: Puborektalisschlinge und anorektaler Winkel  
(n. DEUCHER)  
reflektorische Puborektaliskontraktion durch  
Irritation der Dehnungsrezeptoren im Rektum  
und M. puborectalis.

b) M. Sphincter ani externus

Der M. sphincter externus ist ein quergestreifter, willkürlicher Muskel. Er wird vom M. levator ani gebildet, dessen Fasern sich um den Anus ringförmig umgruppieren und besteht aus drei Teilmuskeln (68, 69).

1. Der M. sphincter ani externus subcutaneus ist ein Ringmuskel von 1 cm Dicke und wird durch Bindegewebssepten in Lamellen gegliedert. Er liegt dicht unter der Haut.
2. Der M. sphincter ani externus superficialis ist kein Ringmuskel, sondern bildet eine Schlinge, die vom Ligamentum anococcygeum zum Damm zieht und den Analkanal seitlich komprimiert.
3. Der M. sphincter ani externus profundus schließlich stellt mit dem M. puborectalis (s.o.) den wichtigsten Kontinenzfaktor für den grobmechanischen Verschluss des Analkanals dar (1). Er ist ohne Fixierung am Os coccygis ringförmig um den Analkanal, bereits im Bereich der roten Rektumschleimhaut, lokalisiert.

STELZNER sieht den Sphincter ani Internus im Mittelpunkt des Kontinenzorgans und der Kontinenzleistung, dem Sphincter ani externus wird wegen seiner kurzen Kontraktionsfähigkeit von nur 1 - 2 Minuten eine untergeordnete Rolle für die Kontinenz zugeschrieben (73, 83).

HOLSCHNEIDER (33) fand jedoch durch manometrische und elektromyographische Untersuchungen heraus, daß der Sphincter ani externus ebenso wie die Puborektalis-schlinge eine tonische Dauerkontraktion in Ruhe aufweist. Die Rezeptoren für diesen propriorezeptiven Reflex liegen wahrscheinlich im Muskel selbst, die Ruheaktivität wird durch einen spinalen Reflexbogen aufrechterhalten. Bei intra- oder extraluminalen Druckerhöhungen bis 20 mmHg reagiert der Externus über einen rectosphincteren Reflex (siehe Seite 14), der mit höheren Zentren verknüpft ist, mit einer Aktivitätszunahme. Bei Drucken über 20 - 30 mmHg wird der Sphincter externus gehemmt. Aus diesem Reflexmechanismus resultiert die hohe anorektale Ruhedruckbarriere und die Externusaktivität bei der Kontinenzreaktion. Darin wiederum sieht HOLSCHNEIDER die Voraussetzung für die Adaptiondilatation des Rektums und die Erhaltung der Kontinenz während der Diskrimination des Stuhles im hypersensiblen Analkanal während der Internusrelaxion. Dem M. sphincter externus kommt daher eine größere Bedeutung im Rahmen der Kontinenz zu, als bisher angenommen wurde (73, 80, 81).

c) M. sphincter ani Internus

Dieser glatte Muskel repräsentiert die unwillkürliche Verschlusskomponente am Enddarm. Er stellt eigentlich die verdickte Ringmuskulatur des terminalen Rektums dar. Mit der äußeren willkürlichen Schließmuskulatur ist der Sphincter Internus bindegewebig eng verflochten. Nach BLESSING und DEUCHER (1) ist er lediglich für den Feinschluß des Analkanals verantwortlich. STELZNER schreibt ihm eine zentrale Bedeutung für die Kontinenz zu. Einige Besonderheiten zeichnen den Sphincter Internus aus (85).

- Er ist bei allen Menschen ohne Ganglienzellen geblieben.

Der Übergang der intramuskulär und submukös liegenden Ganglienzellen des Rektums zur Aganglionose des Internus ist fließend. Die vegetative Innervation erreicht direkt die Muskelzelle und adrenerge wie cholinerge Neuronen bewirken eine Dauerkontraktion. Das Fehlen der Ganglien des Auerbachschen Plexus ist die Ursache der spastischen Dauerkontraktion beim Morbus Hirschsprung. Analog dazu läßt sich der Dauertonus des ganglienzellfreien M. sphincter Internus erklären, der Auerbachplexus fehlt hier vollständig (33, 85).

- Druckerhöhung im Rektum durch Eintritt von Darminhalt führt zu einer reflektorischen Internusrelaxation. Die Bahnen dieser auch als Dehnungsinhibition bezeichneten Reaktion sind unbekannt, vermutlich erfolgt die Hemmung über periphere Neurone (33).

d) Corpus cavernosum recti

Der vollständige Feinschluß des Anallumens ist durch die alleinige, selbst maximale Kontraktion des M. sphincter internus nicht möglich (20). Dies wird erst durch die Gefäßpolster der Hämorrhoidalzone bewirkt. Dabei handelt es sich um längs zum Analkanal angeordnete Gefäßkonvolute, die aus den drei Hauptästen der Arteria rectalis superior mit arteriellem Blut gespeist werden. Das Blut ist in diesem Organ nicht Stoffwechselorgan, sondern Füllmaterial. Die gefüllten Schwellkörper des Corpus cavernosum recti dichten den Analkanal vollständig ab.

Der venöse Abfluß erfolgt über die Vena rectalis medialis et inferior in das Cavasystem, über die Vena rectalis superior in das Pfortadersystem.

### 3. Leitungsbahnen und Integration

Die Kontinenzfunktion ist in einen Regelkreis eingespannt. Für Steuerung dieses Regelkreises, bzw. für die Verbindung zwischen Rezeptoren und Effektoren, sowie für die Integration der einzelnen Organfunktionen zur Kontinenzreaktion oder Defäkation sind zahlreiche Nervengewebe (84) zuständig. Zu ihnen gehören:

- Das Großhirn
- Das Rückenmark und die Spinalnerven
- Das vegetative Nervensystem.

#### a) Das Großhirn

Gelangt im Rahmen der Kontinenzreaktion Rektuminhalt zur Differenzierung in den Analkanal und kommt es zu einem starken Defäkationsreiz, kann der M. sphincter externus willkürlich für kurze Zeit (1 - 2 Minuten) kontrahiert werden.

Der bereits in den Analkanal vorgedrungene Darminhalt wird in die Ampulle zurückgedrängt, oder es kommt, wenn die hochsensible Analkanalhaut die Empfindung "Gas" vermittelt, zur Deflation. Diesen Vorgang, den man als rectosphincteren Reflex bezeichnet (33), verhindert letztlich das ungewollte Absetzen von Stuhl oder Stuhlschmierern. Sensorisch werden im Großhirn Afferenzen der Perianalregion und vom unteren Abschnitt des Analkanals verarbeitet.

b) Das Rückenmark

Das Rückenmark führt in Bezug auf Rektum und Anus verschiedene Funktionen aus (15, 68, 69).

- Es leitet die Afferenzen und Efferenzen des Parasympathischen Systems. Die Ursprungskerne sind in den Sakralelementen des Rückenmarks lokalisiert (S3 - S5).
- Ebenso enthält es die Ursprungskerne des Sympathikus. Sie liegen im Nucleus intermediolateralis der Seiten säule des Rückenmarks und nehmen nur die thorakolumbalen Segmente (C8 - L3) ein.
- Über den Plexus pudendalis (S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>) und den Plexus coccygeus (S<sub>5</sub>-Co<sub>1-4</sub>) erfolgt die motorische und sensible Versorgung der Beckenbodenmuskulatur und der perianalen Region.

Der Nervus pudendus versorgt mit den Nervi rectales inf. den M. sphincter ani ext. und die Haut der Analregion, mit den Nervi perineales die Dammregion und motorisch (Rami musculares) die Beckenbodenmuskeln.

Die Nervi anococcygeae des N. coccygeus versorgen sensibel die Haut vom Steißbein bis zum After, motorische Fasern ziehen zum M. levator ani und M. coccygeus.

c) Der Sympathikus

Die Ursprungskerne der sympathischen Innervation für Rektum und Anus liegen in der Columna lateralis des Rückenmarks. Die präganglionären Fasern für diese Region ziehen zu den paravertebralen Ganglia lumbalia (L1 - L4) und Ganglia sacralia (S1 - S4) beidseits des Rückenmarks. Von dort kommen sie als Nervi splanchnici lumbales et sacrales zu den prävertebralen Ganglien. Dies sind der Plexus hypogastricus sup. an der Aortengabel und der Plexus hypogastricus inf. (Plexus pelvinus, Ganglion pelvicum), der plattenförmig beidseits des Rektums liegt.

Durch den Sympathicus wird der aganglionäre Sphincter internus kontrahiert. Die sympathischen Nervenendigungen setzen dort direkt an der Muskelzelle an (3). Die übrige Darmmuskulatur erschlafft.

d) Der Parasympathikus

Der sacrale autonome Parasympathikus gelangt über die Nervi erigentes (S3 - S4) in den Plexus sacralis. Von dort zweigen die Nervi pelvici in den Plexus pelvinus ab. Die Wirkung des Parasympathikus auf den Sphincter internus ist nach STELZNER (85) kontrahierend.

Die relaxierende Wirkung bei der Dehnungsinhibition des Internus im Rahmen der Kontinenzreaktion, läuft über bis jetzt noch nicht bekannte Bahnen (33). Auf die übrige Darmwandmuskulatur wirkt der parasympathische Reiz kontraktionsfördernd.

e) Das intramurale Nervensystem

Das vegetative (autonome) Nervensystem läßt sich in drei Organisationsstufen einteilen.

1. Die diencephale Organisationsstufe (Hypothalamus)

Sie enthält die obersten vegetativen Zentren und übernimmt die Koordination der Teilfunktionen des vegetativen Nervensystems. Hier werden die Einzelleistungen der spinosegmentalen und peripheren Systeme im Hinblick auf übergeordnete Funktionsziele integriert. Solche Funktionsziele sind: z.B. die Wärmeregulation, die Fortpflanzungsmechanismen usw. Ein Funktionsziel ist auch die anale Kontinenz.

2. Das spinosegmentale System

Damit bezeichnet man die afferenten und efferenten Leitungsbahnen, die vom Hirnstamm oder vom Rückenmark ausgehen und die zentralnervösen Zentren mit dem peripheren System verbinden. Es wird in Sympathikus und Parasympathikus gegliedert.

### 3. Das periphere oder intramurale System

Dabei handelt es sich um die unterste Organisationsstufe des vegetativen Nervensystems. Von den praevertebralen Gangliengruppen über die Nervenplexus ziehen die Leitungsbahnen des spinosegmentalen Systems zu den Organen.

In der Wand der Hohlorgane lösen sie sich zu feinsten Nervengeflechten auf, die als Intramurale Plexus bezeichnet werden und eine große Anzahl von Nervenzellen (Intramurale Ganglien) enthalten (68, 69).

Die intramuralen Ganglien beeinflussen die Tätigkeit der jeweiligen Organe, durch die Freisetzung spezifischer Überträgerstoffe.

Morphologisch kann man die verschiedenen Typen der intramuralen Ganglien nicht unterscheiden. Durch elektronenmikroskopische und histochemische Methoden kann man aber die verschiedenen Neurone anhand der in ihnen enthaltenen Überträgerstoffe klassifizieren.

Man unterscheidet zwischen parasympathischen Nervenfasern, die Acetylcholin freisetzen und cholinerg genannt werden und sympathischen Fasern, die Noradrenalin oder Adrenalin (adrenerg) ausschütten.

Daneben gibt es die ATP freisetzenden p-Neurone (purinerg) des Auerbach'schen Plexus der Darmwand, die keine Verbindung zu extramuralen Neuronen haben.

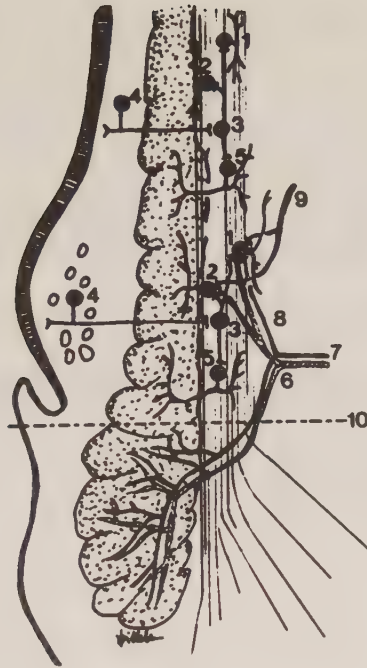


Abb. 6: Schematische Darstellung der intramuralen Innervation  
(nach STELZNER et al.)

1. Intramurales Neuron für die Längsmuskulatur, cholinerg, kontraktionsfördernd.
2. Intramurales Neuron für die Ringmuskulatur, cholinerg, kontraktionsfördernd.
3. Intramurales Neuron, assoziativ, verknüpft intramural afferente (4) mit intramural efferenten Neuronen 1, 2 und 5.

4. Intramurales Neuron, afferent (sensibles Neuron im Meissner'schen Plexus der Submukosa) von der Schleimhaut.
5. Intramurales p-Neuron, purinerg, hemmt die Kontraktion der Längs- und Ringmuskulatur (siehe Seite 28).
6. Extramurales Neuron, cholinerg, fördert tonische Dauerkontraktion (N. peivici).
7. Extramurales Neuron, adrenerg (N. hypogastricus), fördert tonische Dauerkontraktion des Sphincter internus, hemmt peristaltikfördernde Wirkung des Intramuralen Neurons 1.
8. Extramurales Neuron, cholinerg, steigert die Tätigkeit der Neurone 1 und 2.
9. Extramurales Neuron, adrenerg (Plexus hypogastricus superior), Hemmung der kontraktionsfördernden Neurone 1 und 2.
10. Unterhalb dieser Linie fehlen die p-Fasern im M. Sphincter internus.

- Die Peristaltik im Kolon kann durch eine Erregung der Neurone 1 und 2 ausgelöst werden.
- Durch Intramurale afferente Neurone (4) in der Schleimhaut, wird über verknüpfende Neurone (3), der peristaltische Reflex und die Aktivität der Darmmuskulatur, über die Neurone 1 und 2 gesteuert.
- Extramurale Neurone (6, 7, 8, 9) des vegetativen Nervensystems können aktivierend oder hemmend auf die Tätigkeit der Intramuralen Neurone einwirken.
- Die vor einer peristaltischen Muskelkontraktion einhergehende kurzdauernde Relaxionswelle, ohne deren Wegbereitung kein Transport festen Inhalts im Darm geschehen kann, geht auf die Hemmung der Neurone 1 und 2 durch die p-Neurone (5) zurück. Sie erhalten ihre Afferenzen aus Neuronen des Meissner'schen Plexus.
- Im M. sphincter internus fehlen die Intramuralen Neurone. Er wird nur noch über extramurale Neurone (6, 7) des vegetativen Nervensystems innerviert. Damit fehlt die indirekte Beeinflussung des Sympathikus auf die Intramuralen Neurone, die im Kolon über eine Unterdrückung der parasympathischen Neurone (1 und 2) zur Hemmung der Kontraktion führt.  
Stattdessen sollen die sympathischen und parasympathischen extramuralen Neurone direkt an den glatten Muskelzellen des Sphincter Internus ansetzen und eine Kontraktion aus-

lösen. Die Bahnen für die Internusrelaxation sind (siehe M. Internus) noch nicht bekannt. Sie könnten durch parasympathische Hemmneuronen im rektotoanal-Übergangsbereich im proximalen Abschnitt des M. sphincter ani internus erfolgen (33, 85).

#### 4. Die Kontinenzreaktion, Defäkation und das Zusammenspiel der Muskulatur

---

Nach vorangegangener Defäkation ist die Rektumampulle frei von Darminhalt. Sigma und Rektum als Reservoirorgan können normalerweise die Stuhltagesmenge aufnehmen, wobei der Darminhalt an der Übergangsstelle des Colon sigmoideum zum Rektum zurückgehalten wird. Gelangt durch Kolonbewegungen und peristaltische Wellen (Neuron 1, 2, 3, 4) Faeces in die Rektumampulle, wird über ein bestimmtes Volumen hinaus eine Dehnungsempfindung verursacht, die über intramurale Ganglien des Parasympathikus (Nervi pelvici) fortgeleitet, und als StuhlDrang empfunden wird. Rezeptoren für den rektalen Druck (sensible Fasern des Plexus pudendalis) befinden sich im M. puborectalis und dem M. levator ani. Die nun einsetzende Kontinenzreaktion beginnt mit der passageren Erschlaffung des M. sphincter ani Internus. Dieser Relaxationsreflex (vermutlich purtinerge Hemmneuronen) ermöglicht das Eindringen von Darminhalt in den Analkanal. Dort kommt es zu einem Kontakt mit der hypersensiblen Analkanalhaut, die über sensible Nervenendigungen (Plexus pudendalis) die Diskriminierung des Stuhls als fest, flüssig oder gasförmig vornimmt. Durch den rectosphincteren Reflex (Nervi rectales inf.) des M. sphincter externus wird der Darminhalt aus dem Analkanalumen in die Rektumampulle zurückgedrängt, gleichzeitig durch eine Kontraktion der Puborectallisschlinge das Rektum stärker abgeknickt (motorische Nerven aus dem Plexus pudendalis und dem Plexus coccygeus).

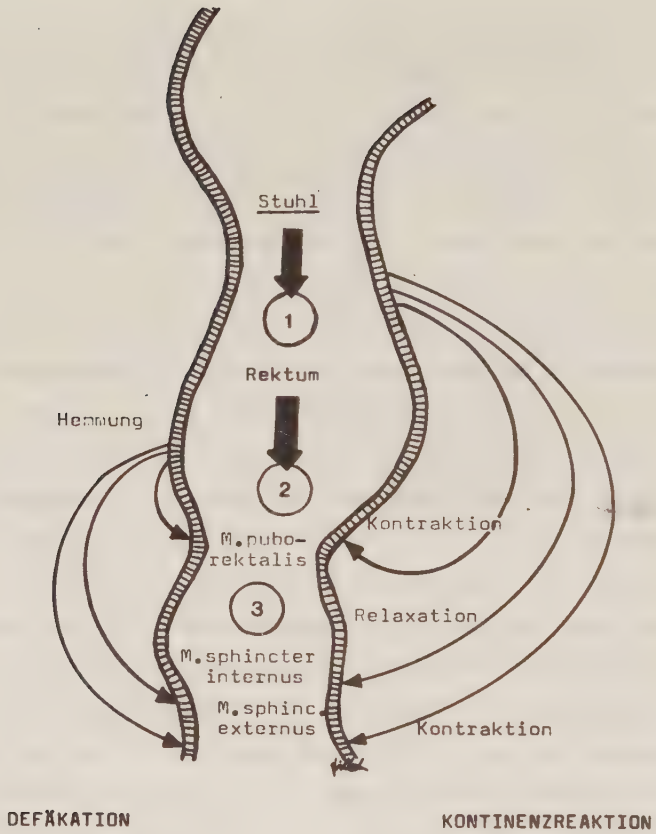


Abb. 7: Schematische Darstellung der Defäkation und Kontinenzreaktion.

Diese Mechanismen verhindern einen vorzeitigen Austritt des Stuhls aus dem Analkanal (Stuhlschmierer) und ein weiteres Vordringen von Stuhl aus dem Colon sigmoideum in die Rektumampulle.

Die Kontraktion des M. sphincter externus (Nervi rectales inf.) von maximal 1 - 2 Minuten Dauer dichtet durch Erhöhung der Druckbarriere den Analkanal ab, während dieser Zeit kommt es zur Adaptionsreaktion (Dilatation) des Rektums, dadurch zu einer rektalen Druckminderung. Die Adaptionsdilatation verhindert, daß bei jeder Volumenzunahme im Rektum der Druck steigt. Die Sphinctermuskulatur würde gegen den anhaltenden höheren Druck im Rektum ermüden und die Kontinenz wäre gefährdet.

Gelangt nach Ablauf der Kontinenzreaktion weiterer Darminhalt in das Rektum und übersteigt das Faecesvolumen die Fähigkeit zur druckmindernden Adaptionsdilatation der Ampulle, so tritt bei einem dauernd erhöhtem rektalen Druck der Defäkationsreflex ein. M. levator ani und M. puborectalis erschlaffen, der anorektale Winkel wird gestreckt. Der peristaltische Druck des Darminhalts und der abdominelle Pressdruck wirken senkrecht auf den Analkanal, Sphincter ani externus et internus werden gehemmt, es kommt zur Defäkation (15, 71, 73, 81, 83, 84, 89).

### III. REKTALE INKONTINENZ

---

Die anorektale Kontinenz ist eine Organleistung. Das hierfür notwendige Kontinenzorgan wird durch verschiedene Funktionselemente aufgebaut, die in ihrem sinnvollen Zusammenwirken den suffizienten Abschluß des Darmkanals bewirken. Der teilweise Ausfall eines Funktionspartners kann durch verstärkte Leistung der anderen Organelemente kompensiert werden, ohne daß es zu einer Beeinträchtigung der Kontinenz kommen muß. Fällt aber ein Glied im Regelkreis vollständig aus, führt dies immer zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Inkontinenz (81, 84).

#### 1. Definition der Inkontinenz

Von anorektaler Inkontinenz spricht man, wenn eine oder mehrere der folgenden Einzelleistungen des Kontinenzorgans beeinträchtigt sind.

- Die unbewußte Stuhlretention über längere Zeit.

Dafür sind vor allem ein regelrechter anorektaler Winkel (M. puborectalis) und ein intakter, tonisierter M. sphincter Internus zuständig. Bei plötzlicher abdominaler Druckerhöhung spielt auch der mechanische Verschuß des Rektumlumens eine Rolle (siehe Seite 17 und 18).

- Die Unterscheidungsmöglichkeit des Stuhlinhalts in fest, flüssig oder gasförmig.

Das einzige für diese Organleistung zuständige Funktionselement, ist die hochsensible Analkanalhaut; ihre Intaktheit ist eine wesentliche Voraussetzung für die Kontinenzreaktion.

- Die willkürliche Zurückhaltung des Darminhalts bei Stuhldrang.

Für den auch als Kontinenzreaktion bezeichneten Vorgang, sind der M. Sphincter ani externus, der M. puborectalis und die Adaptionsdilatation des Rektums unabdingbar.

- Die willkürliche Stuhlabsetzung bei Stuhldrang.

Bei diesem, als Defäkation bezeichneten Mechanismus, sind praktisch alle beschriebenen Kontinenzfaktoren beteiligt und für einen ordnungsgemäßen Ablauf der Stuhlabsetzung wichtig. Störungen dieser Funktionen, oder gar ihr völliger Ausfall, manifestieren sich klinisch in einer Inkontinenz, die vom gelegentlichen Stuhlschmieren bis zum totalen Verlust der Kontrolle über den Darminhalt reicht (12).

## 2. Ursachen der Inkontinenz

Störungen im Bereich des Kontinenzorgans können sehr vielfältig sein, bedingt durch den komplizierten Aufbau des rektalen Verschlusssystems. Ursachen für die Inkontinenz sind einerseits angeborene Anomalien, andererseits Verletzungen des Muskelapparats, oder der Innervation durch Unfälle oder chirurgische Eingriffe.

### a) Angeborene Anomalien

- Mißbildungen des Anorektums (Analatresien).

Hierbei unterscheidet man 27 verschiedene Typen (Willital, 90).

Für die anorektale Kontinenz ist die Unterteilung in supralevatorische, mittelhohe in Levatorebene und infralevatorische Anomalien von Bedeutung. Bei den tiefen infralevatorischen Typen ist in 80 % der Fälle ein M. sphincter internus vorhanden (60). Die Häufigkeit dieser Mißbildungen bewegt sich zwischen 1 : 500 und 1 : 3500. Die Inkontinenzrate beträgt bei den hohen Formen 11,2%, bei den mittelhohen 7,6 % und bei den tiefen 4,7 % (Willital).

Meningomyelocelen (13, 78) und sakrale Mißbildungen (12, 13, 90) bedingen eine Inkontinenz, weil sie mit einem Fehlen der Sensorik und wesentlichen Fehlanlagen

der nervalen Versorgung der Beckenregion einhergehen.

Die Häufigkeit von Meningomyelocelen liegt bei

1 : 2000 Geburten.

#### b) Traumatische Ursachen

- Schädigungen des Kontinenzorgans kommen nach Pfählungsverletzungen, auch nach Schußverletzungen mit einer Zerstörung des muskulären Sphincterapparates vor.

Häufiger sind Dammrisse mit Sphincterbeteiligung durch Geburtstraumata.

#### c) Inkontinenz nach chirurgischen Eingriffen

Kontinenzstörungen, die nach chirurgischen Eingriffen im Anorektum auftreten, bedeuten eine schwerwiegende Komplikation und führen zu einer enormen psychischen Belastung des Patienten (19, 82).

- Postoperative Inkontinenz nach WHITEHEAD'scher Operation zur Beseitigung von Hämorrhoiden.

Leider wird mit dem hyperplastischen Corpus cavernosum rectum auch die sensible Analkanalhaut mitentfernt. Oft wird trotz intakter Sphinkteren der so behandelte Patient durch Verlust der Sensibilität im Analkanal teilkontinent (13, 52, 83).

- Stuhlschmieren und Inkontinenz nach Sphincteromyotomie bei gutartigen Analleiden.

Die Spaltung des Sphincter ani Internus, hauptsächlich bei Fissuren, Fisteln, Hämorrhoiden, Abszessen und Analprolaps angewandt, führt gelegentlich zur Inkontinenz, weil die Restkraft des übriggebliebenen Sphinkters für die Erhaltung eines ausreichend hohen anorektalen Ruhedrucks nicht mehr genügt (10, 13, 37, 65, 71, 82).

- Sphincterdehnung zur Behandlung von Analfissuren.

Kontinenzstörungen können sich bei diesem Verfahren durch Zerreißen der Muskulatur und sekundärer Sklerosierung des Sphinkters Internus ausbilden (8, 37). Hat sich nach der Dehnung eine manifeste Inkontinenz eingestellt, ist eine dorsale Sphinkter- und Beckenbodenplastik nach PARKS angezeigt. Die Operation zielt auf eine Verbesserung der Restfunktion der Beckenbodenmuskulatur und auf eine Verstärkung des anorektalen Winkels, durch eine Raffung der Muskulatur hinter dem Anus und Rektum, ab (13).

- Bei der Korrektur von anorektalen Anomalien müssen die angelegte Muskulatur und die dazugehörige Nervenversorgung geschont werden. Vor allem ist darauf zu achten, daß der Darm ventral, also vor der Puborektalisschlinge durchgezogen wird, da sich sonst kein physiologischer anorektaler

Winkel einstellen kann. Trotz allem ergibt die Nachuntersuchung der operierten Kinder in 7 % ein schlechtes Resultat, eine rektale Inkontinenz (92).

- Inkontinenzerscheinungen lassen sich leider bei einer Operation zur Entfernung eines Tumors im Rektum oft nicht vermeiden und machen den Patienten dann zu einem Kandidaten für einen lebenslangen Anus praeter naturalis (18, 66, 89).

### 3. Die Bedeutung klinischer Untersuchungen für die Beurteilung der Kontinenzlage.

Neben der Anamnese und der digitalen Untersuchung (81) sind für die objektive Beurteilung der Kontinenz verschiedene klinische Untersuchungen wichtig. Dazu zählt die Manometrie, die Elektromyographie, Defäkogramme und die Endoskopie (Willital, 91).

Als Schwierigkeit beim Vergleich der Befunde verschiedener Autoren erwiesen sich die unterschiedlichen Bewertungssysteme und Klassifizierungen der Inkontinenz in der Literatur. So benutzt SCHÄRLI (73) ein Punktesystem zur Einteilung der Kontinenzstadien, ähnlich dem KELLY-Code. HOLSCHNEIDER unterteilt in Kontinenz, partielle Kontinenz Grad I und Grad II und Inkontinenz.

Wir halten uns an die von der Surgical Section of the American Academy of Pediatrics erstellte klinische Einteilung der Kontinenz in:

excellent (ausgezeichnet, kontinent)  
satisfactory (befriedigend, teilkontinent)  
unsatisfactory (unbefriedigend, inkontinent).

Dabei bedeutet

- kontinent: es besteht kein Unterschied zu einem normal analgesunden Patienten.
- teilkontinent: intermittierender, unwillkürlicher Abgang von Stuhl entweder bei
  - Husten
  - Pressen
  - längeren Defäkationsintervallen
  - Durchfalloder auch bei unwillkürlichem Windabgang.
- inkontinent: vorwiegend unkontrollierter Stuhl- und Windabgang wobei die Patienten permanent Windeln tragen.

a) Manometrie und Elektromyographie

Mit der Elektromanometrie kann man für verschiedene Parameter der Kontinenz Durchschnittswerte bei Darmgesunden ermitteln. Die angegebenen Normalwerte unterscheiden sich bei den einzelnen Autoren. Durch experimentelle Untersuchungen an unserer Klinik (64) konnte nachgewiesen werden, daß die diversen Druckmeßsysteme zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Verglichen wurden Ballohnsonden, Open-Tip Katheter und das Tip Manometer (Erlanger Modell 1974). Beim letzteren besteht das druckempfindliche Element an der Katheterspitze aus Halbleiterelementen, die bei Druckänderungen über Widerstandsänderung messbare Potentialschwankungen ergeben. Die ermittelten Werte von Open-Tip und Tip Katheter sind einander ähnlich, Tip Katheter sind aber neben der unkomplizierten Handhabung auch zur Messung einiger zusätzlicher Parameter geeignet und genauer als die bisher üblichen Methoden (91). Mit den Druckuntersuchungen können erfaßt werden:

- Anorektale Druckbarriere
- Internusrelaxation
- Aktive Externuskontraktion
- Reflektorische Puborektalkontraktion
- Compliance des Rektums
- Maximaler Haltedruck
- Ruhedruck.

Die Auswertung der Meßergebnisse setzt eine gewisse Erfahrung des Untersuchers voraus. Unter standardisierten Bedingungen durchgeführt, bietet die Manometrie dem Chirurgen jedoch die Möglichkeit der Funktionsdiagnostik, der für die Kontinenz wichtigen Funktionselemente Rektum, Puborektalis und Sphinkterapparat (11, 33, 35, 39, 41, 42).

R u h e d r u c k w e r t e

| Autor                    | Rektosigmoid | Rektum           | Anorektum<br>1 cm              | 2 cm                             | Compliance | Methode       |
|--------------------------|--------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|---------------|
| Holschneider             | 4 $\pm$ 2    | 7,5 $\pm$ 2,5    | 15                             |                                  | 5 - 7      | Open-Tip      |
| Arhan                    |              | 6,33 $\pm$ 1,8   | 51,6 $\pm$ 12,7                | 46 $\pm$ 5,4                     |            | Ballonsonde   |
| Lawson                   |              | 5,45 $\pm$ 11,18 | 34,5                           |                                  |            | Ballonsonde   |
| Schärtl                  |              | 7,6              | 25                             |                                  |            | Open-Tip      |
| Aaronson                 |              |                  | 34,5                           |                                  |            | Ballonsonde   |
| Elsner                   |              |                  |                                | 45-65                            | 2,5 - 10   | Ballonsonde   |
| Willital                 |              |                  | 18,6 $\pm$ 3,5<br>30 $\pm$ 1,8 | 16,7 $\pm$ 2,9<br>23,8 $\pm$ 6,1 |            | Ballonsonde   |
| Willital<br>Zeiser/Riedl | 5,5 $\pm$ 3  | 0,6 $\pm$ 2,8    | 57,6 $\pm$ 14,3                | 34,7 $\pm$ 10,7                  |            | Tip-Manometer |

Tab. 1: Übersicht über einige Normwerte darmgesunder Kinder bei verschiedenen Autoren (64).

Die Bedeutung der Elektromyographie liegt vor allem in der Bestätigung der manometrischen Untersuchungsergebnisse durch das synchrone elektrophysiologische Verhalten von Muskulatur, der Beckenregion und der Sphinkteren. So findet HOLSCHNEIDER als Grundlage für die tonische Dauerkontraktion des M. sphincter externus, eine anhaltende Grundaktivität dieses Muskels mit Aktionspotentialen von 100 - 500  $\mu$ V. Der propriorezeptive Reflex und das rektosphinktere Reflexverhalten des äußeren Schließmuskels kann elektromyographisch nachgewiesen werden, ebenso wie das besondere Verhalten des M. sphincter Internus (33). Die Elektromyographie zeigt die elektrophysiologischen Grundlagen der manometrischen Mechanismen auf und sichert damit die Elektromanometrie als bedeutende Untersuchungsmethode zur Diagnose und Beurteilung der Kontinenzlage. Die gleichzeitige Durchführung von Elektromyographie in Kombination mit Luftinsufflation und rektalen Druckmessung ermöglicht exakte Aussagen über Zustand und Funktion der an der Kontinenz beteiligten Muskelemente (3, 27, 40).

b) Defäkogramme und Endoskopie

Bei der Lokalisation der Kontinenzstörung ist als weitere Untersuchungsmethode ein Defäkogramm unerlässlich. Es ist technisch einfach durchzuführen, die Auswertung erfordert keine besondere Erfahrung.

Dazu wird der Enddarm über einen Ballonkatheter mit Gastrographin und Luft gefüllt. Im seitlichen Strahlengang läßt sich im Ruhezustand und bei der Defäkation die Funktion der Puborektalmuskulatur und der anorektale Winkel beurteilen (14, 91).



Abb. 8: Ruhezustand, anorektaler Winkel normalerweise  $95 - 105^{\circ}$ .

Defäkation: der anorektale Winkel streckt sich ( $170 - 180^{\circ}$ ), die Puborektalisschlinge erschlafft.

Kontraktion: das Anorektum wird nach ventral gezogen, Winkel  $85 - 95^{\circ}$ .

Zur Beurteilung der Puborektalisfunktion führt WILLITAL (91) als weitere Untersuchung die Endoskopie des Rektums durch. Mit einem Coloskop wird endoskopisch die Kontraktilität der Puborektalisschlinge beobachtet. In der Regel verschließt sich dabei das Rektumlumen bei willkürlicher Kontraktion des Beckenbodens komplett. Bei Störungen in Levatorhöhe bleibt der Verschluß unvollständig.

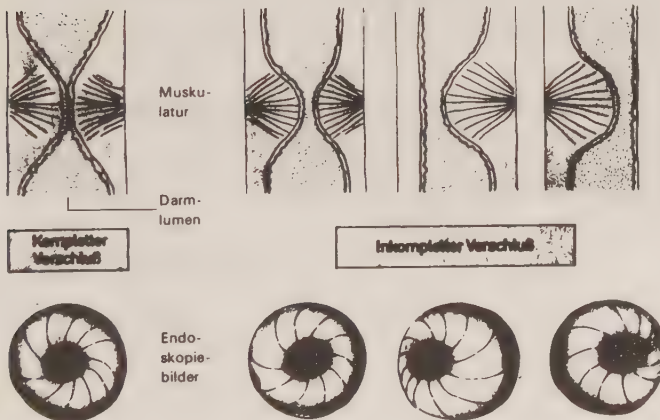


Abb. 9: Endoskopische Funktionsdiagnostik der Puborektalis-Muskulatur (nach WILLITAL)

#### IV. OPERATIONSMETHODEN ZUR BEHANDLUNG DER INKONTINENZ

---

Die Stuhlinkontinenz gehört zu den schwersten körperlichen Behinderungen, mit denen sich die Kinderchirurgie zu beschäftigen hat. Die Patienten leiden sehr unter ihrer Störung und eine normale Eingliederung in die Gesellschaft bleibt ihnen ohne Therapie Ihres Leidens versagt (67). So wurden zur Behandlung der analen Inkontinenz zahlreiche Operationsmethoden mit verschiedenen Variationen entwickelt, die den mannigfaltigen Ursachen der Inkontinenz gerecht werden sollen.

Zunächst ein chronologischer Überblick über die verschiedenen Behandlungs- und Operationsmethoden (15).

## A. Chronologische Übersicht

### - Muskel- und Sehnenplastiken

| <u>Jahr</u> | <u>Autor</u>   | <u>Technik</u>                                                      |
|-------------|----------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1891        | Thiersch       | Implantation eines Stahlringes zur perianalen Einengung             |
| 1902        | Chetwood       | Muskelstreifen-Plastik aus dem M. gluteus maximus (tiefer Anteil)   |
| 1909        | Schoemaker     | Muskelstreifen-Plastik aus dem M. gluteus maximus (medialer Anteil) |
| 1929        | Wreden/Stone   | Fascia lata Doppelstreifen-Plastik                                  |
| 1952        | Pickrell       | Gracilis-Plastik                                                    |
| 1966        | Gelbke         | Modifizierte Gracilis-Plastik                                       |
| 1967        | Kottmeier      | Retrorektale Levator-Plastik                                        |
| 1971        | Puri/Nixon     | Erweiterte Levator-Plastik                                          |
| 1972        | Hartl          | Modifizierte Gracilis-Plastik                                       |
| 1975        | Holle/Hakellus | Plastik aus freiem Muskeltransplantat                               |
| 1978        | Schmidt        | Plastik mittels freitransplantierter autologer Darmmuskulatur       |

### - Analer Schrittmacher

| <u>Jahr</u> | <u>Autor</u>            | <u>Technik</u>                    |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1965        | Caldwell                | Analer Schrittmacher (Implantat)  |
| 1966        | Hopkinson/<br>Lightwood | Analer Schrittmacher (als Tampon) |

- Experimentelle Ansätze zur Behebung der analen Inkontinenz

| <u>Jahr</u> | <u>Autor</u> | <u>Technik</u>                            |
|-------------|--------------|-------------------------------------------|
| 1969        | Grünert      | Elektronischer analer Cuff                |
| 1971        | Kintzonicis  | Aufpumpbarer analer Cuff                  |
| 1976        | Zühike       | Modifizierter Scott'scher Sphincter       |
| 1976        | Willital     | Implantierbares magnetisches Tamponsystem |

Im folgenden sollen nun vier verschiedene Operationsverfahren dargestellt werden. Zwei davon, die Gracilis-Plastik und die Levator-Plastik sind wohl die heute am gebräuchlichsten Methoden. Bei den anderen beiden handelt es sich um relativ junge Methoden, die Plastik mit frei transplantierte Skelettmuskulatur einerseits, die Plastik mit frei transplantierte Darmmuskulatur andererseits.

## B. Die Gracilis-Plastik nach PICKRELL (1952)

Die "myokinetische Ersatzoperation" nach PICKRELL beruht auf der Verwendung eines benachbarten Muskels, der nach seiner Verlagerung einen Funktionswandel durchmachen muß. Das originale Verfahren wurde von mehreren Autoren etwas geändert, das Prinzip, nämlich der Sphinkterersatz durch den M. gracilis zur Sanierung der motorischen Komponente des Verschlößorgans, blieb das gleiche.

### 1. Operationsindikation

Nach FRITZ und SCHÖBER ist die Gracilis-Plastik nur bei rein sensorischer Inkontinenz nicht angezeigt, dagegen bei allen rein motorischen oder gemischten Formen der Inkontinenz. Da es sich um eine patientenaktive Operation handelt, ist es wenig erfolgversprechend, die Operation vor dem 5. - 6. Lebensjahr durchzuführen.

Voraussetzungen, die zur Operationsindikation erfüllt sein müssen, sind:

#### - Das Alter und die Intelligenz

Der Funktionswandel des Gracilis-Muskels erfordert eine aktive Mitarbeit des Patienten, in Form von postoperativem Training. Dazu ist kooperatives Verhalten und Einsicht des Kindes notwendig, die nach Erfahrung der meisten Autoren nicht vor Erreichen des Schulalters und schon gar nicht bei debilen Kindern erwartet werden kann (12, 27, 29, 57, 62, 78).

- Kooperation von seiten der Eltern

Auch die Eltern des Patienten müssen die Geduld und die Bereitschaft aufbringen, das Kind über lange Zeit nach der Operation zu beobachten und die Übung mit dem Kind durchzuführen. Ist diese Voraussetzung nicht gegeben, kann ein ausreichender Erfolg oft nur nach monatelangem stationären Aufenthalt mit entsprechender Betreuung erreicht werden (12, 62). Neben den psychosozialen Voraussetzungen sind für die Durchführung der Operation selbst weitere Bedingungen erforderlich.

- Beseitigung einer Analstenose und eines Megarektum-  
Megasigma

Der Analkanal muß genügend weit sein, eine Stenose vorher durch Bouglerung oder Y-V-Plastik beseitigt werden. Ein Megarektum oder Megasigma muß reseziert werden, weil die Gefahr der Stuhlretention in einem solchen Reservoir nach der Plastik größer ist als zuvor.

- Beseitigung von Fisteln im Analbereich

Eine Rezidivfistel oder eine bisher nicht erkannte Fistel zur Urethra muß vorher behoben werden.

- Anlegen einer doppelläufigen Colostomie

Nach REHBEIN soll die Operation unter dem Schutz einer doppelläufigen Colostomie im Quercolon erfolgen. Im Quercolon deshalb, damit der Operateur bei einer häufig notwendigen, vorbereitenden Resektion eines Megarektum-Megasigma im Bereich des distalen Colons nicht behindert ist. Die Colostomie vermindert die Infektionsgefahr der perianalen Wunden mit drohender Abstoßung des Transplantats.

- Krankengymnastische Betreuung und Diätführung

FRITZ und SCHÖBER empfehlen schon vor der Operation krankengymnastische Übungen zur Erlernung der richtigen Innervation des M. gracilis und eine Gewöhnung an den Effekt der Elektrostimulation. Des weiteren bewährt sich postoperativ eine milde stopfende Diät, zur Vermeidung von dünnflüssigen Stühlen und die Eintrainierung bestimmter Entleerungszeiten. Zusammen mit der postoperativen Überwachung und Betreuung, sichern bzw. entwickeln diese Maßnahmen den größtmöglichen Erfolg (12, 63).

## 2. Die Anatomie des M. gracilis

Der M. gracilis liegt am oberflächlichsten an der Innenseite des Oberschenkels. Er gehört zur Gruppe der Adduktorenmuskulatur, die aus insgesamt fünf Teilmuskeln besteht. Die Adduktoren gehören zu den kräftigsten Muskeln des Körpers, da sie das Becken und den Rumpf stabilisieren und den aufrechten Gang sichern müssen. Der Gracilis ist der schmalste und längste dieser Muskeln. Er entspringt am Os pubis neben der Symphyse, verjüngt sich konisch nach unten und geht im distalen Drittel in eine dünne Sehne über. Die Sehne verläuft hinten um den Condylus medialis des Femurs und biegt dann leicht nach vorne ab, um breit und aponeurosenähnlich an der Tibiakonsole anzusetzen. Die Nervenversorgung erfolgt durch den N. obturatorius ( $L_2 - L_4$ ), die Blutversorgung aus der Arteria femoralis profunda. Diese betreten den Muskel als gemeinsames Gefäßnervenbündel mit einem Hauptast und zwei bis drei kleinen Verzweigungen (57, 68).

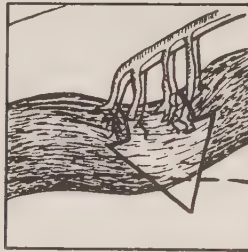
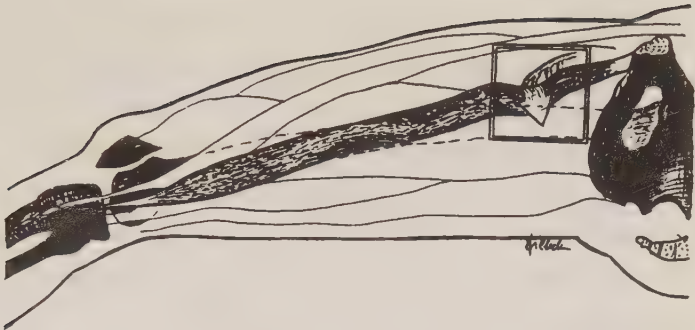


Abb. 10: Die Abbildung zeigt die Lage des M. gracilis und die Eintrittsstelle des gemeinsamen Gefäßnervenbündels im proximalen Drittel an der Innenseite des Muskels.

Vorteile, die der Muskel zur Transplantation bietet, sind:

- Seine oberflächliche Lage und leichte Präparation
- Seine lange, schmale Form zur Umschlingung des Rektums
- Das Gefäßnervenbündel tritt nahe am Ursprung des Muskels im proximalen Drittel ein und gewährleistet die alleinige Innervation und Blutversorgung, kleinere Gefäße im weiteren Verlauf des Muskels können unbeschadet blind durchtrennt werden (29, 57).

### 3. Die Technik der Gracilis-Plastik

Die Operation wird in Steinschnittlage durchgeführt. Das Gesäß des Kindes liegt am Ende des Operationstisches. Die Anal- und Genitalregion, beide Oberschenkel und das Bein, dessen M. gracilis benutzt werden soll, meist das rechte, werden bis Unterschenkelmitte desinfiziert. Das linke Bein wird bis Mitte Oberschenkel, das rechte nur bis unterhalb des Kniegelenks in sterile Tücher eingeschlagen.

#### a) Präparation des M. gracilis

Die Operation beginnt mit der Herauslösung des Muskels aus seiner Muskellage am Oberschenkel. Durch insgesamt drei Inzisionen an der Innenseite des Oberschenkels wird der Muskel dargestellt, isoliert und so dicht wie möglich an seiner Insertion abgetrennt. Durch die dritte Inzision hoch am Oberschenkel wird der Muskel nach stumpfer Mobilisierung herausgezogen. Das Gefäßnervenbündel muß bei der Präparation sorgfältig geschont werden.

Die Fascienlücke soll nach proximal erweitert werden, um den Muskel nicht zu strangulieren.

b) Bildung eines Tunnels um das untere Rektum (Abb. 11)

Ca. 2 cm vom Anus entfernt, werden vier radiäre Schnitte bei 12, 3, 6 und 9 Uhr angelegt. Von hier werden die Hautbrücken zwischen den Inzisionen unterminiert, so daß ein weiter Kanal um das Rektum in engem Kontakt ringsum mit der Rektumwand und in der Tiefe mit der Levatormuskulatur entsteht. In der linken perianalen Inzision wird das Perlost des Tuber Ischii freigelegt, daran soll später die Sehne des M. gracilis befestigt werden (siehe Abbildung).

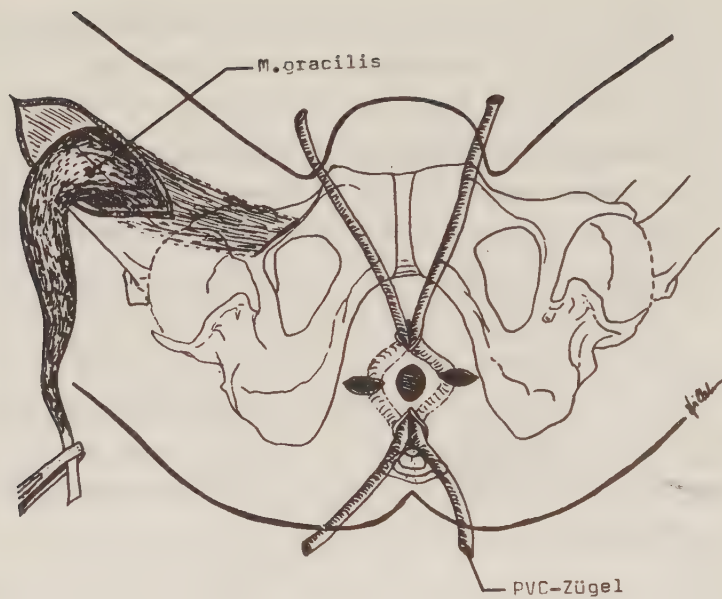


Abb. 11: Bildung eines Tunnels um das untere Rektum.

c) Hindurchleitung des Muskels durch den perianalen Kanal  
(Abb. 12)

---

Durch einen stumpf präparierten Kanal von der vorderen Inzision zur proximalsten Inzision am Oberschenkel, wird die Sehne des M. gracilis an der vorderen Inzisionswunde am Damm herausgeleitet. Im Urzelgersinn wird so der Muskel um das Rektum herumgeführt, wobei er von der vorderen zur linken Inzisionswunde doppelt verläuft. Es muß beachtet werden, daß der Muskel in keinem Abschnitt des perianalen Kanals verdreht liegt. PICKRELL führte den Muskelstrang durch zusätzliche Muskelschlaufen in der Levatormuskulatur in der Tiefe der seitlichen Inzisionen, dies aber wird von fast allen Autoren später unterlassen, weil Durchblutungsstörungen des Transplantats zu befürchten sind.

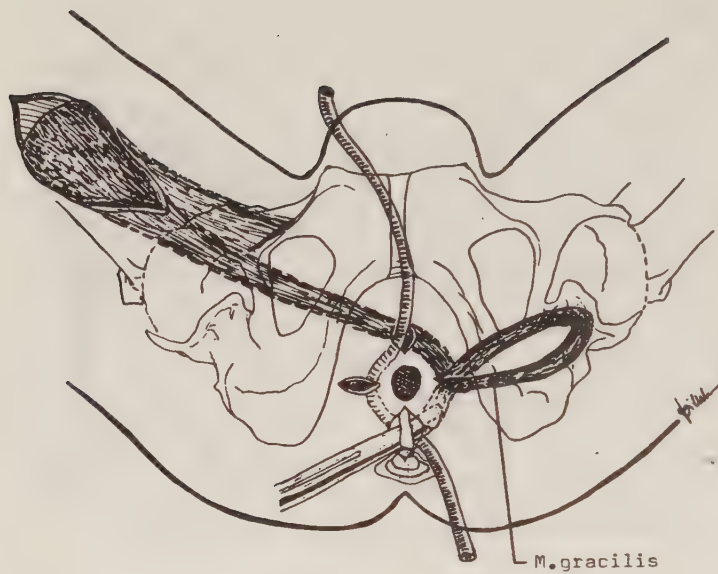


Abb. 12: Hindurchleitung des Muskels durch den perianalen Kanal.

d) Fixation der Gracilis-Sehne (Abb. 13)

Durch Zug an der Gracilis-Sehne in der linken Inzision wird der Muskel fest um das Rektum geschlungen. Die richtige Dosierung des Zuges prüft der Operateur mit dem in den Anus eingeführten Finger. Das erfordert Fingerspitzengefühl und Erfahrung. Die Gracilis-Sehne wird unter Beibehaltung dieses Zuges am Periost des linken Tuber Ischiadicum verankert, die Inzisionswunden werden zweischichtig verschlossen (28, 30, 58, 62).

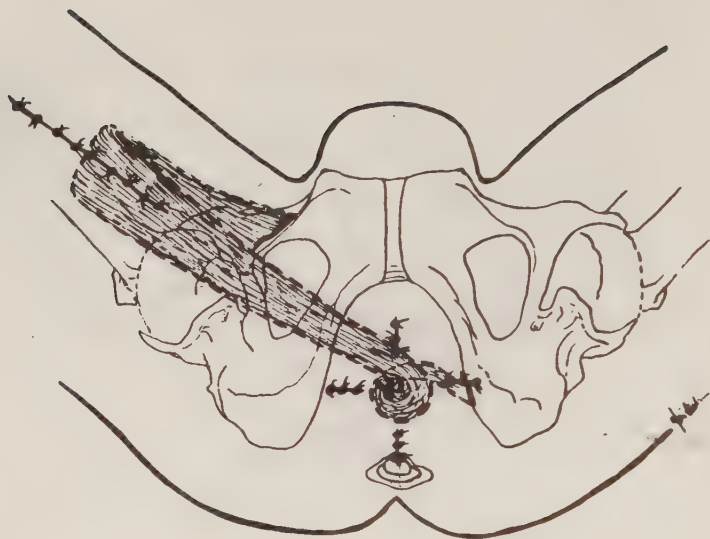


Abb. 13: Übersichtsbild nach fertiger Operation

#### 4. Modifikation der Gracilis-Plastik nach HARTL

Neben anderen Variationen der Gracilis-Plastik durch REHBEIN, GELBKE und ENGELS, wurde die Modifikation nach HARTL bekannt, auf die kurz eingegangen werden soll. Von jeweils einem Schnitt aus, wird der Muskel an beiden Seiten des Oberschenkels von der Muskelmitte bis zum Gefäßnervenbündel freipräpariert. Der Muskel wird dann in seiner Mitte durchtrennt und subkutan von oben her links und rechts um den Anus herumgeleitet und die beiden Enden hinter dem Anus vernäht. Die Operation soll etwas einfacher durchzuführen und für den verlagerten Muskel schonender sein (4, 9, 27).

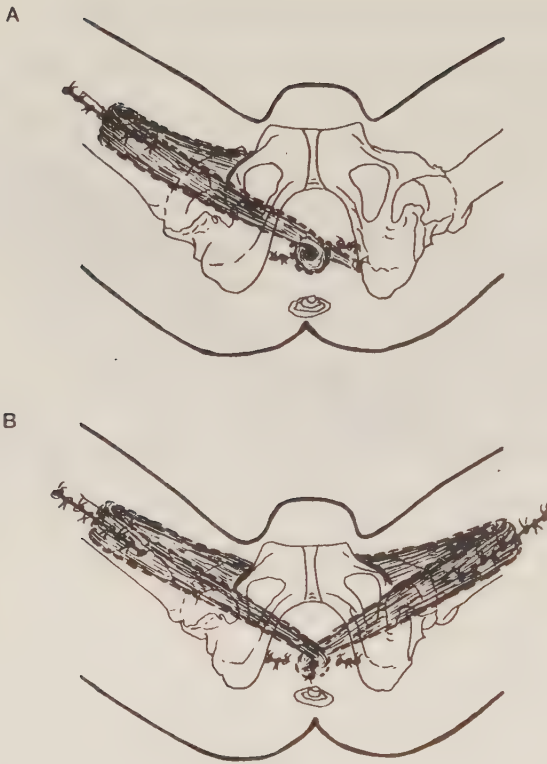


Abb. 14: Zustand nach erfolgter Gracilis-Plastik

A) Originalverfahren nach PICKRELL

B) Modifikation nach HARTL

## 5. Bewertung der Operationsmethode

HOLSCHNEIDER (34, 36) und BRANDESKY (3) haben sich bemüht, durch gleichzeitige manometrische und elektromyographische Untersuchungen die Wirkung des verlagerten Gracilis und seine Bedeutung für die Kontinenzlage aufzuklären.

Viele Autoren sind sich darin einig, daß einerseits durch die Gracilis-Plastik eine zufriedenstellende Besserung der Kontinenz erwartet werden kann, daß aber andererseits mit einer myokinetischen Plastik eben nur die motorische Komponente des Kontinenzorgans saniert wird. Da die meisten Kontinenzstörungen im Kindesalter jedoch auf Mißbildungen im Bereich des Anus oder der Wirbelsäule mit entsprechenden muskulären und sensorischen Ausfällen zurückgehen, bleibt das Problem der Besserung der sensorischen Störung, die zum Erreichen einer echten Kontinenz wichtig wäre, durch die Gracilis-Plastik ungelöst.

BRANDESKY stellt in seinen Untersuchungen folgendes fest:

- Der verpflanzte Muskel zeigt ein normales elektrisches Verhalten bei Willkürkontraktion, die Kontraktilität bleibt erhalten.

- Bei Willkürinnervation steigt die Aktivität des Transplantats beträchtlich an.
- Der Neosphinkter weist ähnlich dem natürlichen Sphinkter externus eine Ruheaktivität auf. Rektale Luftinsufflation bewirkt in einigen Fällen eine mehr oder weniger ausgeprägte Aktivitätszunahme.

Vor allem in der letztgenannten Beobachtung sieht BRANDESKY den Beweis, daß der transplantierte Gracilis in die anorektalen Reflexmechanismen mit einbezogen und als Neosphinkter "umfunktioniert" wird. Dem widerspricht HOLSCHNEIDER nach einer fünfjährigen Studie über Patienten mit Gracilis-Plastik (36).

Er führt den Erfolg der Operation auf die vom Gracilis-Muskel gebildete elastische Stenose zurück, die verhindert, daß jede propulsive Welle zur Defäkation führt. Gerade das ist nach SCHÄRLI eine Voraussetzung für die Ausbildung einer Adaptionsreaktion und einer verbesserten Compliance des Rektums. Dadurch wiederum ergibt sich die Möglichkeit zur ausreichenden Perception des Stuhldrangs und damit zur rechtzeitigen Betätigung der Beckenboden- und Glutäalmuskulatur, sowie des transplantierten Gracilis.

Nach HOLSCHNEIDER bewirkt den Operationserfolg nicht allein das Gracilistransplantat, sondern eben die Ausreifung ano-

rektaler Strukturen. Diesen Vorgang kann die Gracilis-Plastik nach PICKRELL jedoch deutlich beschleunigen.

Nach BRANDESKÝ muß der transplantierte Gracilismuskel immer durch Physiotherapie stimuliert werden, sonst stellt sich bald eine Inaktivitätsatrophie mit Funktionsverlust der transplantierten Muskelschlinge ein. Komplikationen der Gracilis-Plastik sind lt. Angaben von BRANDESKÝ Wundheilungsstörungen bei 50 % der Fälle, die jedoch im Hinblick auf die spätere Kontinenz eine untergeordnete Rolle spielen. Als weitere Komplikation erwähnt BRANDESKÝ eine Nekrose des transplantierten M. gracilis in 4 Fällen, wobei jedoch 2 Fälle nachoperiert werden konnten. Nach BRANDESKÝ wird in nahezu allen Fällen eine relative Inkontinenz für dünnflüssige Stühle zurückbleiben, d.h., keiner der Patienten kann eine volle Kontinenz erreichen. Fester Stuhlgang kann über einen kürzeren oder längeren Zeitraum durch Willkürkontraktion des Gracilistransplantates zurückgehalten werden, jedoch kann ein gelegentliches Einschmutzen nicht völlig ausgeschlossen werden.

### C. Die Levator-Plastik nach KOTTMEIER, PURI und NIXON

Die Levator-Plastik stellt eine Operation zur Verstärkung des insuffizienten Sphinkterapparates, genauer der Puborektalisschlinge, dar. Nach BLESSING und DEUCHER bietet diese Lösung gegenüber den Sphinkterersatzoperationen drei Vorteile:

- Es wird ein an Ort vorhandenes, anatomisches Substrat verwendet.
- Die Kontinenzfunktion der Levatormuskulatur ist eine automatische und nicht nur willkürliche.
- Die Operation selbst ist technisch einfach durchzuführen und belastet den Patienten wenig.

#### 1. Operationsindikation

- Vor allem die Restinkontinenz nach erfolgreich behandeltem Rektumprolaps.
- Kontinenzstörung nach Primäroperation wegen anorektaler Anomalien.
- Inkontinenz nach Pfählungsverletzungen, Verbrennungen und Dammriß dritten Grades.

Nicht angezeigt ist die Levatorplastik bei Mißbildungen des Sakrums mit Aplasie oder Hypoplasie des Levators, so wie bei allen sensorischen Formen der Sphinkterinsuffizienz, wie Querschnittslähmung, Mißbildungen oder tumoröse und entzündliche Prozesse des Rückenmarks.

Daneben müssen noch die geometrischen Verhältnisse des Beckenbodens miteinbezogen werden, um eine Operation sinnvoll erscheinen zu lassen (1, 53).

Es handelt sich hierbei um den anorektalen Winkel und um die anorektale Achsenverschiebung.



Abb. 15: Anorektaler Winkel und anorektale Achsen-  
verschiebung im Normalfall.

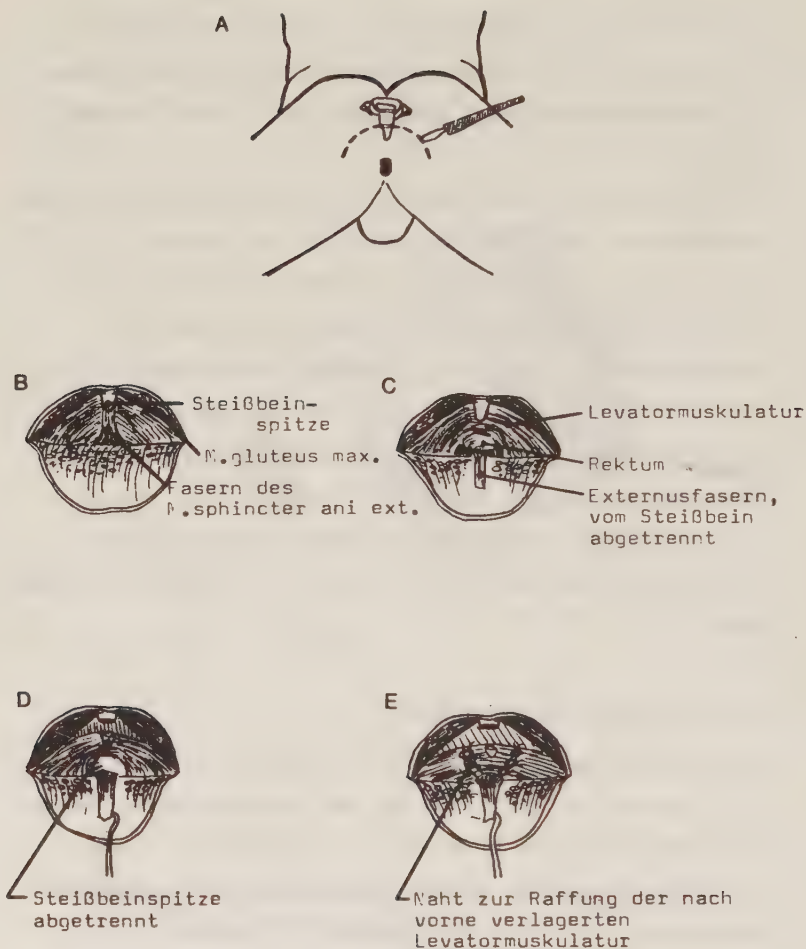
Der Winkel beträgt durchschnittlich  $90^{\circ}$ , die Achsenverschiebung 60 % der Linea pubococcygea. Diese Werte können mit einem Bariumeinlauf röntgenologisch leicht bestimmt werden.

Die Normalwerte beschreiben zugleich den Bereich für einen optimalen Wirkungsgrad der Puborektalis-Schlinge.

Oft resultiert jedoch nach Prolapsoperationen mit Fixation des Rektums außerhalb der Sakrumhöhle oder nach Durchzugsoperationen eine ungünstige Veränderung der erwähnten Parameter. Dabei stellte sich heraus, daß eine Winkelvergrößerung auf über  $130^{\circ}$  und eine Achsenverschiebung von weniger als 20 % den Wirkungsgrad der Puborektalis-Schlinge mindern. In diesem Fall hilft auch eine Verstärkung der Schlinge durch die Levatorlösung kaum mehr (1).

## 2. Technik der Levatorplastik

Die Operationsmethode nach PURI und NIXON unterscheidet sich eigentlich nicht mehr von dem verbesserten Verfahren nach KOTTMEIER, der in früheren Versuchen nur 2/3 des M. iliococcygeus zur Plastik verwendete. Das geschah aus Vorsichtsgründen, um einer dorsalen perianalen Hernie vorzubeugen. Diese Sorge erwies sich als unbegründet und so wurde bei weiteren Operationen der gesamte M. iliococcygeus mit Steißbeinspitze abgetrennt, um den Wirkungsgrad der Plastik zu verbessern.



**Abb. 16:** Darstellung der einzelnen Operationsschritte bei der Levatorplastik (n. PURI und NIXON).

Zu Beginn der Operation wird nach Einlegen eines Blasen-katheters der Patient in Klappmesserposition gelagert. Nach einer queren, ventral konkaven Inzision mit dem Scheitel am Übergang Oscoccygeum - Ossacrum (Abbildung Nr. 16 A) wurden zunächst die medialen Ränder des Gluteus maximus und die Externusfasern, die zur Steißbeinspitze verlaufen, dargestellt (B). Die Externusfasern werden vom Ansatz gelöst und nach ventral weggehalten. In der darunter liegenden Schicht wird die Levatorplatte präpariert (C). Anschließend erfolgt die Abtrennung der Steißbeinspitze, die Levatorplatte wird stumpf vom M. Ischiococcygeus abgelöst und nach vorn gedrängt (D). Besondere Vorsicht gilt den seitlich verlaufenden Nervi pudendi.

Nach Inzision des Levatoransatzes am seitlichen Beckenrand, lagert sich die Anorektalregion deutlich nach vorne, so daß das Diaphragma die Puborektalisschlinge verstärken kann. Beidseits der Mittellinie wird die nach vorn verlagerte Levatormuskulatur hinter dem Rektum durch Einzelknüpfnähte gerafft, um einen strammen Sitz der neuen Schlinge am Rektum zu erreichen (E).

Dabei kommt es auf die Geschicklichkeit des Chirurgen an, der mit dem Zeigefinger intrarektal die richtige Spannung des Muskels und den neu geschaffenen anorektalen Winkel prüft. Die Raffung darf nicht so fest sein, daß die Blutzirkulation gefährdet wird. Danach wird das Operationsfeld verschlossen (43, 44, 53, 54, 59).

### 3. Bewertung der Operationsmethode

Die Wirkung der Levator-Schlinge ist leicht zu erklären, sie verstärkt einfach die natürliche Funktion des M. puborektalis. Bei Kontraktion wird zusätzlich ein seitlicher Druck auf das Rektumlumen ausgeführt, welcher die Abdichtfunktion erhöht. Der Vorteil der Methode liegt darin, daß die zusätzlich mobilisierte Levatormuskulatur in das Reflexverhalten des M. puborektalis miteinbezogen wird und die Kontinenzfunktion dieser Plastik im Gegensatz zur Gracilis-Plastik unwillkürlich und automatisch abläuft. Dennoch kann auch diese Lösung nur den grob-mechanischen Schluß des Enddarms verbessern, der Feinschluß des Analkanals wird dadurch nicht erreicht.

#### D. Plastik aus freiem autologem Skelettmuskeltransplantat

Der Russe ZIELONKO hat 1874 den Versuch unternommen, einen Skelettmuskel frei zu transplantieren, diese Untersuchungen schlugen jedoch fehl.

THOMPSON berichtet 1971 über 8 Patienten, die wegen einer Parese im Gesicht eine Muskeltransplantation erhielten (6 Patienten waren unilateral komplett gelähmt, 2 Patienten partiell gelähmt). Die Sehnen dieser Transplantate wurden jedoch an Knochen bzw. an normal Innervierter Muskulatur fixiert, so daß möglicherweise über diese kontraktile Elemente eine indirekte Bewegung der transplantierten Muskulatur ausgelöst werden konnte. Die Bewegung dieser Muskeln wurde primär nicht durch aktive Kontraktion erreicht, sondern dadurch, daß Muskeln und Sehnen am Knochen fixiert wurden und somit gewisse Gesichtsasymmetrien passiv ausgeglichen wurden. Alle 8 Patienten zeigten postoperativ ein befriedigendes klinisches Ergebnis bei einer Beobachtungszeit von 4 Monaten bis 1 1/2 Jahren nach dem Eingriff. Die Transplantate, die bis zum Os temporale reichten, verursachten bei kräftigem Zahnschluß einen Verschuß des Augenlides.

THOMPSON stellte schon 1971 fest, daß die befriedigenden Ergebnisse bei Muskeltransplantationen nach vorangegangener Denervation des Transplantates zum Teil auf ein verändertes Enzymmuster, zum Teil auf eine Zunahme der vaskulären Versorgung des Transplantates zurückzuführen sind.

HAKELIUS berichtet 1973 über 21 Patienten mit freier Muskeltransplantation im Gesicht bei Lähmungen der mimischen Muskulatur (N. facialis). Die Nachbeobachtungszeit erstreckte sich über einen Zeitraum von 2 bis 12 Monaten. Willküraktivitäten fand man bereits innerhalb des 1. Monats nach der Transplantation, 2 bis 3 Monate nach dem Eingriff zeigten alle Implantate Zeichen der Reinnervation. Die wichtigsten Punkte für das Überleben der freien Muskeltransplantate sind bis heute noch nicht genau bekannt (Hakelius).

1974/75 wurde von GROTE, HAKELIUS und HOLLE ein neuer Weg zur Wiederherstellung der analen Kontinenz beschrieben. Sie verwenden ein freies autologes Skelettmuskeltransplantat zur Wiederherstellung der rektalen Sphinktermuskulatur. Dieses Vorgehen stützt sich auf die Erfahrungen, die mit den freien Muskeltransplantationen bei Facialislähmungen gemacht wurden, daß ein Muskel frei transplantiert werden kann, wenn man ihn 2 bis 3 Wochen vorher denerviert.

### 1. Theoretische Grundlagen

- Im normalen Skelettmuskel gibt es zwei Muskelfasertypen. Es ist bekannt, daß die roten, langsamen Muskelfasern einen aerobischen, oxidativen, lipolytischen Metabolismus aufweisen, wobei zirkulierende Ketone und Fettsäuren ausgenutzt werden. Die weißen schnellen Muskelfasern haben einen anaeroben glykolytischen Metabolismus. Die Farbe der

Skelettmuskulatur hängt von dem Gehalt an Myoglobin der roten Muskelfasern ab, in den weißen Muskelfasern ist wenig Myoglobin vorhanden.

Bei einem denervierten Skelettmuskel, der in situ belassen wird, stellen sich innerhalb der ersten 2 Monate nach der Denervation degenerative Veränderungen von zunächst nur einzelnen Muskelfasern ein. Nach 4 Monaten sind ausgedehnte Degenerationen zu verzeichnen, die den ganzen transplantierten Muskel betreffen. Nach der Denervation kommt es zu folgenden metabolischen Veränderungen des Skelettmuskels:

- Abnahme des Glykogengehaltes in der 2. Woche
- Abnahme der Phosphorylase von der 1. bis zur 4. Woche
- Abnahme der -Glycerophosphatdehydrogenase in der 2. und 3. Woche.

Anaerobische glykolytische Enzyme in den weißen Muskelfasern werden reduziert, ebenso die aeroben Enzyme in den roten Muskelfasern.

Bei einem erfolgreich transplantierten Muskel erfolgt dann mit zunehmender Revitalisierung eine Verschiebung der Verteilung von roten und weißen Muskelfasern zu Gunsten der langsamen roten Fasern mit wirtschaftlicherem aeroben Stoffwechsel.

THOMPSON stellte fest, daß bei freien Muskeltransplantaten beim Hund makroskopisch das Volumen der transplantierten Muskeln um 50 % bzw. um 20 - 30 % nach einem Beobachtungszeitraum von einem halben Jahr abgenommen hat. Die histologischen Kenn-

zeichen der Degeneration sind verstärktes Auftreten von pyknotischen Zellkernen und hyalinen Veränderungen innerhalb der Muskulatur. Bei allen freien Muskeltransplantaten kam es in unterschiedlich hoher prozentualer Verteilung zu einer lokalisierten Atrophie von Muskelfasern, zur hyalinen Degeneration und zum fibrösen Ersatz dieser Muskelfasern mit Metaplasie der Myofibrillen in kollagenes Bindegewebe. Die Häufigkeit des fibrotischen Umbaus der Muskeltransplantate könnte möglicherweise mit der Größe des freien Muskeltransplantates zusammenhängen (Hakellius).

Ein bestimmter Grad von Atrophie durch die Denervation läßt sich nicht vermeiden, jedoch ist die Muskelatrophie reversibel. Die echte Degeneration mit Vakuolenbildung, Fragmentbildung der Myofibrillen und Einwandern von Histiozyten ist ein irreversibler Vorgang, von dem Zeitpunkt an, von dem er entsteht. Diese Degeneration entsteht aber erst von der 4. Woche von der Denervation ab gerechnet.

Wenn bei einem freien Muskeltransplantat postoperativ sich ein Hämatom einstellt, so wird dieser frei transplantierte Muskel völlig resorbiert.

- HAKELIUS (23, 24, 25, 26) untersuchte freie Muskeltransplantate bei Katzen mit histochemischen Methoden, in einem Zeitraum von 5 bis 40 Wochen nach der Operation. Dabei stellte sich heraus:

Wird ein denervierter Muskel auf einen funktionsfähigen, normal innervierten Muskel in engem Kontakt verpflanzt, so sprossen aus dem Empfänger-muskel präterminale Nervenfasern aus. Sie erreichen das Transplantat und frühestens 4 Wochen nach der Denervation finden sich elektromyographisch die ersten Zeichen der Reinnervation, die 4 bis 5 Monate später weitgehend abgeschlossen ist. Auf diese Weise kann das Transplantat neuerlich Funktionsfähigkeit erlangen. Von einer Reinnervation kann aber erst dann gesprochen werden, wenn einzelne Nervenäste eine bestimmte Anzahl von Kollateralen aufweisen, die in den vorher denervierten Muskelfasern an motorischen Endplatten enden.

HAKELIUS wies 1974 als Zeichen der Reinnervation motorische Endplatten von normalem Aussehen (Cholinesterasenachweis) in der transplantierten Muskulatur nach. Die Regenerationsgeschwindigkeit der Nervenfasern wird auf 4,4 mm pro Tag geschätzt. Wenn ein Nervenast eine Muskelfaser erreicht, dauert es ungefähr 5 bis 7 Tage bevor dort eine motorische Endplatte gebildet wird. Nach den Ergebnissen der histochemischen Untersuchung des Kapillarnetzes und der Enzymaktivität scheint die Denervationsphase von 2 Wochen vor der Transplantation der richtige Zeitraum zu sein. Wartet man jedoch zu lange (14 Tage bis 3 Wochen), dann kommt es zu einer Atrophie der Muskelfasern, die einen negativen Einfluß auf die Revitalisierung des Muskels ausübt.

- Die Gefäßversorgung des transplantierten Muskels stellte das größte Problem dar. Frühere Versuche, einen freien Muskel zu

verpflanzen scheiterte daran, daß das Transplantat die Zeit der Avascularität nicht überlebte. Die Denervation scheint die Revaskularisation des Transplantats durch den Empfänger-muskel zu begünstigen.

Die Überlebenschancen eines freien Muskeltransplantates hängen sehr wesentlich von der Länge des Zeitraums zwischen Implantation und Revaskularisation ab. Eine Minderversorgung des transplantierten Muskels an Blut, führt zu einer ischämischen Nekrose der Muskelfasern des umgebenden Gewebes und der kleinen Gefäße.

In dieser Phase kommt es zu einem Ödem in der Muskulatur, zu Vakuolisierungsvorgängen der Muskelfasern, zum Einwandern von Histocyten und die myofibrilläre Struktur löst sich auf.

Überlebt jedoch der verpflanzte Muskel die Zeit der totalen Ischämie während der ersten Tage nach der Transplantation, beginnen bereits 4 bis 5 Tage nach der Transplantation Kapillaren aus dem Empfänger-muskel in das Transplantat einzusprossen.

6 Wochen nach der Implantation stellen sich etwas dickwandigere, unregelmäßig geformte Kapillaren ein. Nach 8 bis 12 Wochen läßt sich eine deutliche Zunahme der Gefäßversorgung beobachten. Nach 15 bis 18 Wochen hat sich ein dichtes Kapillarnetz entwickelt, das nach zehn Monaten nicht mehr von dem eines normalen Muskels zu unterscheiden ist.

Zusammenfassend stellen HAKELIUS und THOMPSON fest, daß ein Muskel frei transplantiert werden kann, wenn er zwei Wochen vor der Transplantation denerviert wird - unter Schonung der Gefäßversorgung. Nach der Transplantation kommt es über eine Phase der Degeneration zur Regeneration des verpflanzten Muskels, wobei die Gefäß- und Nervenversorgung des Transplantats vom Empfängeremuskel aus erfolgen soll.

## 2. Operationsindikation

GRÖTTE (16) und HAKELIUS (21, 22) verwirklichten ein neues Konzept bei der Rekonstruktion der analen Sphinktermuskulatur. Wie bei der Levatorplastik versuchen auch sie, die Effektivität der Beckenbodenmuskulatur, vor allem der Puborektalis-Schlinge zu verbessern. Allerdings ist die präoperative Auswahl der Patienten von außerordentlicher Wichtigkeit und nicht jeder Patient ist für diese Operation geeignet. Präoperativ muß bei den in Frage kommenden Patienten bei normalen Innervationsverhältnissen zumindest ein Teil funktionsfähiger Levatormuskulatur vorhanden sein. Mißbildungen des Os sacrum mit Aplasie oder Hyperplasie der Levatormuskulatur sowie alle sensorischen Formen der Sphinkterinsuffizienz wie Querschnittslähmungen, Mißbildungen oder tumoröse und entzündliche Prozesse des Rückenmarks schließen die Anwendung der freien Muskeltransplantation aus.

### 3. Operationstechnik

Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Methoden, handelt es sich um eine zweizeitige Operation.

In der ersten Sitzung wird ein geeigneter Skelettmuskel denerviert und somit zur Transplantation vorbereitet.

Meist wird der M. palmaris longus verwendet. Bei 20 % der Menschen ist er aber nicht angelegt (16). Dann kann der M. gracilis oder auch der M. sartorius genommen werden.

#### a) Denervierung des Skelettmuskels

Der M. palmaris longus entspringt am Epicondylus medialis humeri und setzt an der Aponeurosis palmaris an. Die Innervation kommt von einem Seitenast des Nervus medianus. Die Beugewirkung auf Hand- und Ellenbogengelenk ist von untergeordneter Bedeutung, hauptsächlich dient er zur Verspannung der Palmaraponeurose (68). Nach einem kurzen Hautschnitt wird der Nerv in der Fossa antecubitalis aufgesucht. Durch einen weiteren Schnitt wird die Palmarissehne am Handgelenk freigelegt und durchtrennt. Sie liegt auf dem Retinaculum flexorum. Um sicher zu gehen, daß der richtige Nervenast abgeschnitten wird, reizt man den motorischen Ast mit einem Elektrostimulator. Etwa 1 cm vom Nerv wird gekappt. Die Hautwunden werden verschlossen.

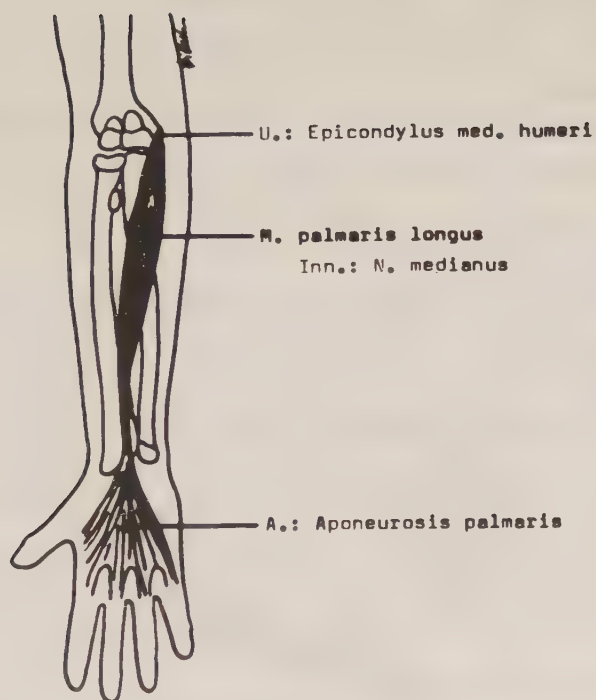


Abb. 17: Der Muskulus palmaris longus (nach ROHEN).

b) Transplantation des denervierten Muskels

Zwei bis drei Wochen nach der Denervation wird der Muskel freipräpariert und von seinem Ursprung gelöst. Die Muskelfaszie muß man vorsichtig entfernen, weil sie die Reinnervation behindert. Von der distalen Sehne wird ein Stück abgeschnitten und an das sehnensfreie, proximale Ende des Muskels genäht.

So erhält man ein Transplantat mit dem Muskelbauch in der Mitte und einem 6 - 7 cm langen Sehnenstück am oberen und unteren Ende.

Beim Patienten in Steinschnittlage legt der Operateur einen Schnitt in sagittaler Richtung vom Anus bis zur Steißbeinspitze. An der hinteren Rektumwand entlang erfolgt die vorsichtige Präparation in die Tiefe bis zur Muskelplatte des M. levator ani. Nun schafft man beidseitig vom Rektum in Levatorebene einen schmalen Kanal in Richtung auf den unteren Schambeinbogen.

Auch hier ist auf behutsame, stumpfe Präparation zu achten. Die Spitze einer Kornzange wird durch den Kanal geführt. Dort, wo sie an der äußeren Haut zu tasten ist, erfolgt ein kurzer Hautschnitt mit Freilegung des unteren Schambeinastes. Jetzt legt der Operateur das Transplantat wie eine U-Schlinge hinter das Rektum und fixiert den Muskelbauch mit wenigen Einzelnähten auf den vorhandenen oder rudimentär angelegten Empfänger-muskel, dem M. levator ani.

Die freien Sehnenenden des Transplantats werden durch den Tunnel gezogen und am Periost des Os pubis fixiert. Die richtige Spannung wird mit dem intrarektal eingeführten Zeigefinger geprüft. Die Operationswunden werden verschlossen.

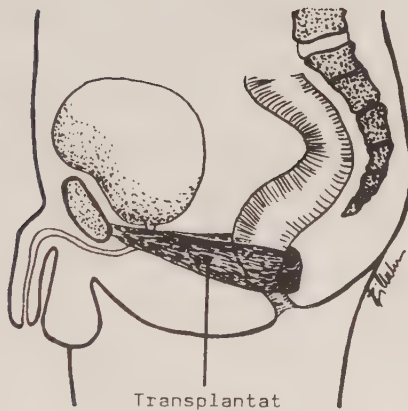


Abb. 18: Schematische Darstellung zur Lage des Muskeltransplantats.

#### 4. Bewertung der Operationsmethode

HAKELIUS operierte 13 Patienten, davon 11 mit anorektalen Anomalien, 1 Patient mit Megakolon, und 1 Patient mit bestehender Rektumatresie, wobei alle Kinder präoperativ eine Muskelaktivität bei normaler Innervation der Beckenbodenmuskulatur aufweisen mußten.

Nach HAKELIUS hatten 11 bis 14 Monate nach der Operation 11 der 13 Patienten mit einem durchschnittlichen Kelly-Score von vier, eine akzeptable Stuhlkontrolle. Keiner der Patienten wurde jedoch präoperativ manometrisch untersucht. Zur Einteilung der präoperativen und postoperativen Kontinenzlage benützt HAKELIUS den Kelly-Score. Der Kelly-Score im engeren Sinn, festgelegt von KELLY 1969, unterscheidet insgesamt 3 klinische Aspekte, nämlich gelegentliches Einschmutzen, dauerndes Einschmutzen und den rektalen Sphinktertonus, die mit 0 bis 2 Punkten bewertet werden.

| Points              | 2      | 1                  | 0      |
|---------------------|--------|--------------------|--------|
| Accidents           | Never  | Sometimes          | 50 %   |
| Soiling             | Never  | Sometimes          | Always |
| Sphincter<br>action | Strong | Partial<br>or weak | Absent |

0 - 2 = "poor"; 3 - 4 = "fair"; 5 - 6 = "good"

Tab. 2: The clinical Kelly score (KELLY 1969)

Bei der Beurteilung des Kelly-Score's im Hinblick auf die "Accidents" ist schwer zu unterscheiden zwischen 0 und 1, da die Bewertung 0 mit 50 % gelegentlichen Einschmutzens, die Bewertung 1 mit "manchmal" Einschmutzen zum Ausdruck kommt. Weiterhin kann ein Kind, das gelegentlich die Hose verschmutzt, über längere Zeit inkontinent ist und einen straffen Sphinktertonus hat mit der Punktzahl 4 bewertet werden, obwohl diese Kinder im Grunde genommen inkontinent sind. Aus diesen Gründen ist der klinische Kelly-Score als objektiver Maßstab für die Beurteilung der Kontinenz unzuverlässig.

- wesentliche Voraussetzung zum Gelingen der Coarctation ist eine präoperativ bei normalen Innervationsverhältnissen vorhandene und funktionierende Levatormuskulatur. Keiner der aufgeführten Patienten war daher wirklich inkontinent, sondern teilinkontinent. Durch die freie Muskeltransplantation wurden teilinkontinente Patienten teilkontinent gemacht, und nicht inkontinente Patienten kontinent.
- Was durch die M. Zaimaris Longus Transplantation geschaffen wurde, ist ein sogenannter Gummibandmechanismus, d.h. ein kontrahierter Muskel wird unter Spannung um den Endocervix gelegt und am Os pubis fixiert. Und führt durch seine Elastizität zu einer Normalisierung des anorektalen Winkels. Jedoch besitzt dieser transplantierte Muskel nicht die Fähigkeit sich zu relaxieren. Der verkleinerte anorektale Winkel stellt lediglich eine Barriere dar, die in diesem Zusammenhang über die Funktion des Endocervix nichts aussagt.
- Daß Patienten in der Nacht verminderter unwillkürlichen Stuhl- abgang haben, hängt mit dem unter Spannung implantierten Muskeltransplantat als passive Barriere zusammen. Bei einem Patienten kam es postoperativ zur Ausbildung eines Kotsteines. Kotsteine entstehen nur bei inkompletter, unvollständiger Entleerung des Darms. Möglicherweise kam es bei diesen Patienten, was nicht beschrieben wurde, zu einer chronischen Obstipation mit langen Defäkationsintervallen. Die Entstehung eines Kotsteines würde die obstruktive Funktion der implantierten

Muskelschlinge erklären.

Die Feststellung, daß postoperativ alle Patienten wieder einen Muskeltonus und eine willkürliche Kontraktilität aufweisen, hängt damit zusammen, daß die implantierte Muskelschlinge lediglich die Wirkung der bereits vorhandenen Levatormuskulatur unterstützt.

Nach Aussage des Verfassers konnten die Patienten drei bis vier Monate nach der Operation ein Stuhlgefühl beschreiben. Die Perzeption des Stuhlgefühls, gebunden an Dehnungsrezeptoren im Bereich der Levatormuskulatur, war aber bereits präoperativ bei diesen Patienten vorhanden. Die Eigenschaft, die Perzeption des Stuhlgefühls wahrzunehmen, wurde den Patienten erst durch die Wirkung der transplantierten Muskelschlinge, die zu einer permanenten Obstruktion des Enddarms und damit indirekt zu einer Dehnung des Darmes führt, bewußt, da vorher diese Obstruktion von außen nicht vorlag und somit auch keine Dehnung des Darmes, die zu einer Perzeption hätte führen können, vorhanden war.

- Die Aussage des Autors ist richtig, daß eine rektale digitale Dehnung des Transplantats ein Dehnungsempfinden auslösen müßte, wenn eine Reinnervation des implantierten Muskels erfolgte. HAKELIUS schreibt, daß dies bei seinen Patienten nicht möglich war und daß die Dehnungsempfindung, die seine Patienten dennoch verspürten, von den präoperativ bereits vorhandenen Dehnungsrezeptoren proximal des Transplantats herühren.

- Einerseits muß die Faszie des Transplantats entfernt werden, da sei sonst die Reinnervation behindert (Hakellius), andererseits wird jedoch nichts darüber ausgesagt, was mit der Faszie des Empfänger Muskels passiert. Wenn das Faszien-gewebe die Reinnervation behindert, trifft das nicht nur auf den Spendermuskel, sondern auch auf den Empfänger Muskel zu.
- Die transplantierte Muskelschlinge hat praktisch die gleiche Funktion wie die sog. Steigbügelplastik mit Dura, die wir bei Kindern angewendet haben mit großen sacrococcygealen Teratomen.
- Bei Patienten mit vorangegangenen Operationen im anorektalen Bereich (z.B. Durchzugsooperation bei Analatresie) ist hinsichtlich der postoperativen Kontinenz mit schlechten Ergebnissen zu rechnen auf Grund der ausgedehnten Narben-bildung im Anorektalbereich (Hakellius).

## E. Plastik aus freiem autologem Darmmuskeltransplantat

Mit der Verpflanzung körpereigener Darmmuskulatur wird der jüngste Versuch in der Reihe der myokinetischen Sphinkterersatzoperationen beschrieben. SCHMIDT (74, 75, 76) erwähnt einige Vorteile dieser Technik gegenüber anderen Operationsmethoden.

### 1. Theoretische Grundlagen

- Nach STELZNER und SCHMIDT ist der entscheidende Garant für die Kontinenz der glatte aganglionäre M. sphincter ani Internus. Durch seinen unwillkürlichen Dauertonus bewirkt er den festen Verschuß des Kontinenzorgans.
- Glatte Muskulatur besitzt gegenüber der quergestreiften eine weit bessere Halteökonomie. Sie ist trophisch anspruchslos, nach Denervation atrophiert sie nicht und ist deshalb zur Transplantation besonders geeignet.
- Zusätzlich hat ein glatter Muskel die Eigenschaft, Dehnungsreize mit Kontraktion zu beantworten. Voraussetzung dafür ist aber eine Vordehnung des Muskels. Das Arbeitsmaximum dieser Muskelart wurde in Vorversuchen jenseits von 150 % Dehnung bestimmt (77). Bei der glatten Darmmuskulatur des Menschen wurde ein Arbeitsmaximum von  $50 \text{ g/mm}^2$  Präparatquerschnitt ermittelt.

- Histologische Untersuchungen und Mikroangiogramme von Transplantaten bei Hunden zeigten eine gute Einheilung und Vaskularisation des Transplantatmuskels. Komplikationen ergaben sich nur in den Fällen, bei denen die Schleimhaut nicht restlos vom Transplantat abgelöst worden war. Nicht vollständig entfernte Schleimhautdrüsen waren die Ursache für haemorrhagische Nekrosen des Transplantats bei einem Teil der Präparate. Das liegt an der Vulnerabilität des Hundedarms, die eine sorgfältigere Präparation erschwert. Beim Menschen soll diese Komplikation wegen der günstigeren Größenverhältnisse vermeidbar sein (70).

## 2. Operationsindikation

Hauptsächlich ist die Operation bei Inkontinenz nach Atresia ani mit erfolgter Durchzugsoperation angezeigt. Der oftmals fehlende Sphincter ani Internus soll damit ersetzt werden. SCHMIDT (74) denkt auch an eine Kombination mit einer quergestreiften Muskelplastik zum Ersatz des willkürlichen Verschlusses. Ein gewisses Maß an Einsicht und Lernfähigkeit des Patienten ist auch für diese Operation Voraussetzung. Als Kontraindikation muß eine erhebliche intellektuelle Schwäche betrachtet werden.

### 3. Operationstechnik

Am Beispiel eines acht Jahre alten Jungen mit völliger analer Inkontinenz, wird die Operationstechnik beschrieben. Es handelt sich um einen Zustand nach Durchzugsoperation bei Analatresie. Alle Sphincteren fehlen.

Der in die Haut eingenähte Anus wird umschnitten und ausgelöst. Darauf erfolgt die Mobilisation des Enddarms genügend weit im Bereich der Kreuzbeinhöhle. Vom distalen Ende des mobilisierten Dickdarms wird ein 5 cm langes Darmstück abgeschnitten. Die Schleimhaut muß von dem so gewonnenen Darmzylinder restlos abgelöst werden.

Die Zirkulärmuskelmanschette wird längs aufgeschnitten und ergibt ein Muskelband von ungefähr 4 cm Breite. Nach dreiminütiger Inkubation in Nebacetinlösung kann das Transplantat auf den Enddarm zirkulär mit doppelter Nahtreihe aufgesteppt werden. Während des Aufnähens spannt der Operateur das Muskelpräparat, so daß eine Vordehnung von etwa 100 %, bezogen auf die Ruhelänge, resultiert.

Danach ist die Plastik beendet, der Enddarm wird wieder in die Haut eingenäht. Seit kurzem empfiehlt SCHMIDT (75) bei völliger Sphincteraplasie oder Sphincterzerstörung, durch eine Laparotomie und Resektion einen 6 cm langen Sigmazylinder zu gewinnen. Das Sigma wird durch End-zu-End-Anastomose vereinigt. Mit dem Transplantat wird, wie be-

schrieben, verfahren. Mit dieser Modifikation verbinden sich zwei Vorteile:

- Man erhält genügend, gut funktionierende Dickdarmmuskulatur
- Das Rektum muß wesentlich geringer mobilisiert werden als beim reinen perinealen Vorgehen.

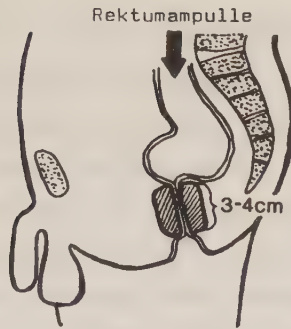


Abb. 19: Schema zur Wirkungsweise des Transplantats.

#### 4. Bewertung der Operationsmethode

Das Resultat der Operation ist primär eine zirkuläre Einnengung des Analkanals durch die angebrachte Muskelmanschette. Diese Einnengung führt indirekt zu einer Dehnung des proximalen Darms und über dieses Dehnungsempfinden zu einer verbesserten Perception des Stuhldranges. Möglicherweise ist die postoperative Verbesserung der Kontinenz dieser Patienten schon allein auf die verbesserte Perception zurückzuführen. Die Vordehnung des transplantierten glatten Muskels um 100 % soll bei dieser Methode das Wesentliche darstellen um eine maximale Kontraktionsfähigkeit und eine optimale Sphinkterfunktion zu erzeugen. Von einer Kontraktionsfähigkeit der glatten Muskulatur kann man aber nicht sprechen, da diese im gedehnten Zustand um den Darm gelegt wurde, und dadurch zu einer passiven Einnengung des Darmes führt. Eine zu geringe Vordehnung induziert zwar zunächst eine gewisse Kontraktion, die jedoch nach Kollaps des darunterliegenden Darmes wieder verloren geht. Herr von KAP-HERR hat 10 Kinder mit einer perianalen glattmuskulären Sphinkterplastik operiert. In 10 Fällen hatte er befriedigende Ergebnisse ohne das damit mitgeteilt wird, was man genau klinisch und manometrisch unter befriedigend versteht.

#### F. Ergebnisse der Operationsmethoden

In diesem Abschnitt sollen die Resultate, soweit sie in der Literatur vorhanden sind, vorgestellt werden. Es muß allerdings betont werden, daß ein Vergleich der Operationsmethoden untereinander hinsichtlich ihrer Ergebnisse unzulässig und unmöglich ist. Das liegt nicht nur an der völlig unterschiedlichen Fallzahl der Patienten bei den einzelnen Autoren, sondern auch an den sehr unterschiedlichen Voraussetzungen, welche die Patienten in Bezug auf Operationsindikation und erwarteten Erfolg mitbringen.

### 1. Ergebnisse der Gracilis-Plastik

| OP-Ergebnisse | n = 34 |
|---------------|--------|
| kontinent     | 34     |
| teilkontinent | -      |
| Inkontinent   | -      |

Bemerkung: Der Autor unternimmt keine Einteilung in verschiedene Kontinenzgrade. "Rectal continence was restored in all patients" (Pickrell, 58).

Tab. 3: OP-Methode: Gracilis-Plastik nach PRICKRELL 1952  
Autor: PICKRELL (58)  
Nachuntersuchungszeitraum: bis zu 7 Jahren

| OP-Ergebnisse | n = 37 |
|---------------|--------|
| kontinent     | 12     |
| teilkontinent | 11     |
| inkontinent   | 14     |

Bemerkung: Von fünf Patienten mit Myelomeningozele  
blieben auch nach der Operation alle  
inkontinent.

Tab. 4: OP-Methode: Gracilis-Plastik nach PICKRELL  
Autoren: REHBEIN, SCHWEDLER, ERICHSEN  
(62, 78) 1975  
Nachuntersuchungszeitraum: 1/2 - 13 Jahre

| OP-Ergebnisse | n = 9 |
|---------------|-------|
| kontinent     | 5     |
| teilkontinent | 1     |
| Inkontinent   | 3     |

Tab. 5: OP-Methode: Gracilis-Plastik nach PICKRELL  
Autoren: HECKER, DAUM (29), 1969  
Nachuntersuchungszeitraum: bis zu 6 Jahre

| OP-Ergebnisse | n = 33 |
|---------------|--------|
| kontinent     | 14     |
| teilkontinent | 10     |
| Inkontinent   | 9      |

Tab. 6: OP-Methode: Gracilis-Plastik nach PICKRELL  
Autor: HOLSCHNEIDER (36), 1979  
Nachuntersuchungszeitraum: 5 Jahre

| OP-Ergebnisse | n = 6 |
|---------------|-------|
| kontinent     | 3     |
| teilkontinent | 2     |
| inkontinent   | 1     |

Tab. 7: OP-Methode: Gracilis-Plastik nach PICKRELL  
Autoren: FRITZ, SCHÖBER (12), 1972  
Nachuntersuchungszeitraum: 1 1/2 bis 8 Jahre -

| OP-Ergebnisse | n = 7 |
|---------------|-------|
| kontinent     | 3     |
| teilkontinent | 3     |
| inkontinent   | 1     |

Tab. 8: OP-Methode: Gracilis-Plastik nach PICKRELL  
Autoren: RAFFENSBERGER (61), 1979  
Nachuntersuchungszeitraum: bis zu 15 Jahre

| OP-Ergebnisse | n = 18 |
|---------------|--------|
| kontinent     | 6      |
| teilkontinent | 4      |
| inkontinent   | 8      |

Tab. 9: OP-Methode: Gracilis-Plastik  
Autoren: HARTL, BRANDESKY (4, 27), 1981  
Nachuntersuchungszeitraum: bis zu 11 Jahre

| OP-Ergebnisse | n = 9 |
|---------------|-------|
| kontinent     | 5     |
| teilkontinent | 3     |
| inkontinent   | 1     |

Tab. 10: OP-Methode: Gracilis-Plastik  
Autor: KOTTMEIER, 1981  
Nachuntersuchungszeitraum: 1 - 12 Jahre

## 2. Ergebnisse der Levator-Plastik

| OP-Ergebnisse | n = 22 |
|---------------|--------|
| kontinent     | 10     |
| teilkontinent | 9      |
| inkontinent   | 3      |

Tab. 11: OP-Methode: Levator-Plastik  
Autor: KOTTMEIER (43, 44), 1981  
Nachuntersuchungszeitraum: bis zu 7 Jahre

| OP-Ergebnisse | n = 21 |
|---------------|--------|
| kontinent     | 3      |
| teilkontinent | 14     |
| inkontinent   | 4      |

Tab. 12: OP-Methode: Levator-Plastik  
Autoren: NIXON, PURI (54), 1977  
Nachuntersuchungszeitraum: 7 Jahre

BLESSING und DEUCHER (1) berichten von zwei Patienten, die beide nach der Operation ihre Kontinenz wiedererlangten. Die Levator-Plastik weist sehr gute Ergebnisse auf. Nur vier Patienten blieben inkontinent gegenüber sechzehn mit Teilkontinenz und neun Vollkontinenten. Allerdings wurden die Patienten nur nach strenger Indikation unter der Berücksichtigung der erforderlichen Voraussetzung zur Levator-Plastik (siehe dort) operiert.

### 3. Ergebnisse der freien autologen Skelettmuskel- und Darm-muskel-Plastik

Über beide Operationsmethoden läßt sich in Bezug auf ihre Ergebnisse noch nicht viel aussagen. Beide Verfahren sind noch sehr jung und werden erst noch erprobt. Die bis jetzt vorhandenen Resultate werden vorgestellt.

| OP-Ergebnisse | n = 13 |
|---------------|--------|
| kontinent     | 2      |
| teilkontinent | 9      |
| inkontinent   | 1      |

Tab. 13: OP-Methode: Freie Skelettmuskel-Plastik  
 Autor: HAKELIUS (21, 22), 1981  
 Nachuntersuchungszeitraum: bis zu 5 Jahre

| OP-Ergebnisse | n = 5 |
|---------------|-------|
| kontinent     | -     |
| teilkontinent | 5     |
| inkontinent   | -     |

Tab. 14: OP-Methode: Freie Darmmuskel-Plastik  
 Autor: Schmid (75), 1981  
 Nachuntersuchungszeitraum: 6 Monate und 2 1/2 Jahre

# 4. Ergebnisübersicht der Operationsmethoden

| OP-Methode            | Autor            | Jahr | Lit.-Nr. | Nachuntersuchungs-<br>zeitraum in Jahren | n  | k  | tk | ik |
|-----------------------|------------------|------|----------|------------------------------------------|----|----|----|----|
| Gracilis-Plastik      | Pickrell         | 1952 | 58       | bis zu 7 Jahre                           | 34 | 34 | -- | -- |
| "                     | Rehbein          | 1975 | 62, 78   | 1/2 - 13 "                               | 37 | 12 | 11 | 14 |
| "                     | Hecker, Daum     | 1969 | 29       | bis zu 6 "                               | 9  | 5  | 1  | 3  |
| "                     | Holschneider     | 1979 | 36       | 5 "                                      | 33 | 14 | 10 | 9  |
| "                     | Fritz, Schober   | 1972 | 12       | bis zu 8 "                               | 6  | 3  | 2  | 1  |
| "                     | Raffensberger    | 1979 | 61       | bis zu 15 "                              | 7  | 3  | 3  | 1  |
| "                     | Brandesky, Hartl | 1981 | 4, 27    | bis zu 11 "                              | 18 | 6  | 4  | 8  |
| "                     | Kottmeler        | 1981 | 3)       | 1 - 12 "                                 | 9  | 5  | 3  | 1  |
| Levator-Plastik       | Kottmeler        | 1981 | 43, 44   | bis zu 7 "                               | 22 | 10 | 9  | 3  |
| "                     | Nixon, Puri      | 1977 | 54       | bis zu 7 "                               | 21 | 3  | 14 | 4  |
| Skelettmuskel-Plastik | Hakellus         | 1981 | 21, 22   | bis zu 5 "                               | 13 | 2  | 9  | 1  |
| Darmmuskel-Plastik    | Schmidt          | 1981 | 75       | bis zu 2 1/2 "                           | 5  | -- | 5  | -- |

Jahr = Jahr der Publizierung  
 Lit.-Nr. = entsprechende Nummer im Literaturverzeichnis  
 ::) = die neuesten Ergebnisse Ihrer Arbeiten teilten uns diese Autoren auf unsere Anfrage schriftlich mit  
 n = Zahl der nachuntersuchten Patienten  
 k, tk, ik = Einteilung der postoperativen Kontinenzlage in kontinent, teilkontinent, inkontinent



Abb. 19a: Patientengruppe, Träger eines künstlichen Enddarmverschlusses nach Willital.



Abb. 19b: Analtampon in situ.

V. BEHANDLUNG DER ANALEN INKONTINENZ DURCH DEN KÜNSTLICHEN  
ENDDARMVERSCHLUSS

---

A. Beschreibung

Der künstliche Enddarmverschluß besteht aus zwei Teilen:

1. einem doppelten Halbringsystem aus Samarium-Cobalt,  
das von sakral her um den Darm gelegt wird.
2. einem Analtampon, ähnlich wie ein Hygienetampon, zum  
Verschluß des Enddarms, der aus einem Magnetstift  
und einer weichen Tamponumhüllung besteht.

1. Das Samarium-Cobalt Ringsystem

Der um den Enddarm gelegte Ring aus Samarium-Cobalt besteht aus zwei Ringhälften, die über Verbindungsstifte aneinandergesekoppelt werden können.

a) Material:

Der Ring besteht aus gepreßtem Samarium-Cobalt Pulver.  
Eine Entmagnetisierung erfolgt nur bei Erhitzung über  
250° C, bei Temperaturen über 100° C erfolgt eine

Entmagnetisierung von 1 %.

Die beiden Magnetringhälften werden in Palacos E oder Epoxydharz eingebettet, wobei ersteres auf Grund seiner Brüchigkeit und der entstehenden, bisher nicht zu klären- den Verfärbung, sich nicht als günstig erwiesen hat.

Die Einbettung der Ringe in Epoxydharz, das auch bei Schrittmachern verwendet wird, erfolgt unter Vakuum und Druck, um eine blasenfreie Schutzhülle zu erhalten, die völlig inert ist, keine Abstoßungsreaktionen zeigt und, wie histologische Untersuchungen gezeigt haben, nach 2 - 3 Monaten vollständig von einer Bindegewebshülle um- geben ist.

Die beiden Magnetringhälften werden über 1,5 - 2 mm starke Titanzapfen verbunden, die ein Einrasten der beiden Hälften in der richtigen Lage zueinander garantieren und zum festen Zusammenhalt führen.

In den Ringen selbst ist eine vorgepreßte Rinne, über die ein nicht resorbierbarer Faden gelegt werden kann zur zusätz- lichen Fixation der Ringhälften untereinander.

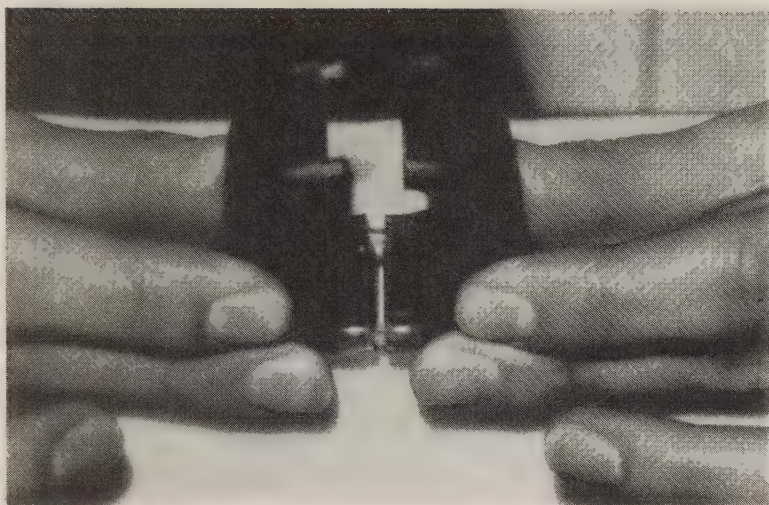


Abb. 20: Der Magnetring: Samarium-Cobalt Ring  
bestehend aus zwei Magnetringhälften.



Abb. 21: Das Magnetringsystem: Der Magnetring mit dem Analtampon (Formalschumstoff) und dem dazugehörigen Magnetstift (stabilisiert den gesamten Tampon im Magnetringsystem).

Eine Sterilisation mit Gas ist möglich. Wir verwenden Äthylenoxid. Die Zeitdauer beträgt 3 - 4 Stunden bei einem Überdruck von 3 atm und einer Temperatur von 80° C. Auch durch Einlegen in eine Merfenlösung kann das Material keimfrei gemacht werden.

b) Abmessungen:

Für die verschiedenen Größenverhältnisse des Enddarmes wurden folgende Standardgrößen hergestellt:

|                           |                                                     |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|
| Wandstärke                | 6,3 mm (Rohmaterial 3,5 mm)                         |
| Höhe                      | 31 mm (Rohmaterial 19 mm)                           |
| Ringinnen-<br>durchmesser | 25 mm, 26 mm, 27 mm, 28 mm, 29 mm, 30 mm,<br>31 mm. |

## 2. Analtampon

Um den Endarm sicher abzudichten dient der sogenannte Analtrampon. Dieser Analtampon besteht aus einem weichen Tamponmaterial, in dessen Mitte konzentrisch ein Magnetstift lokalisiert ist (Abb. 22).

### a) Tamponumhüllung:

Vorversuche mit verschiedenen Tampons unterschiedlichster Hersteller aus dem In- und Ausland haben ergeben, daß umgearbeitete Tampons (z.B. Wickeltampons), wie sie zur Zeit im Handel sind, aber auch andere aufquehbare Stoffe, selbsthergestellte Gummiüberzüge und korkartige Substanzen, als Hüllsubstanz für den Magnettampon ungeeignet sind. Diese Materialien wiesen entweder keine ausreichende Abdichtefunktion auf, oder überstanden die mechanische Belastung beim Bestücken mit dem Magnettampon nicht. Häufig war auch die Forderung nach lokaler Verträglichkeit nicht gegeben. In Zusammenarbeit mit einer Nürnberger Firma wurde nun ein Material gefunden, das all diesen Erfordernissen entsprach.

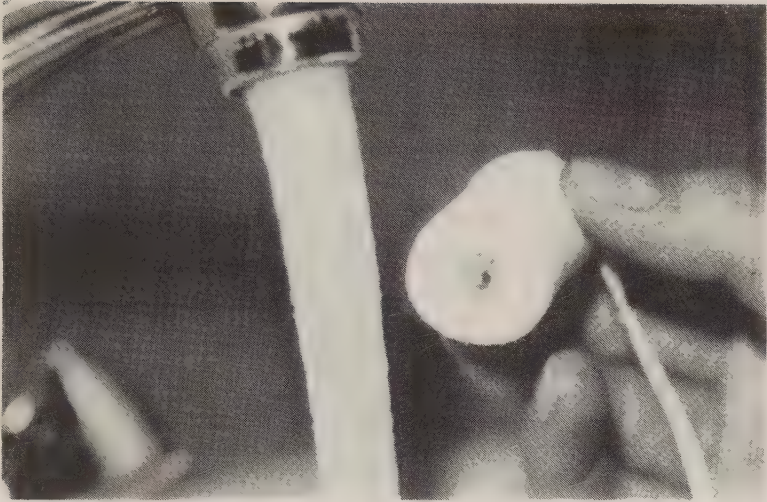


Abb. 22: Der Analtampon:  
Der Analtampon besteht aus Formalschaumstoff und besitzt eine konzentrische Bohrung zum Einführen des Magnetstiftes. Der Magnetstift stabilisiert wiederum den Tampon im Magnetringsystem. Auf Grund unterschiedlicher Magnetringsgrößen und unterschiedlicher Magnettamponabmessungen ist es möglich, einen sogenannten druckadaptierten Tampon zur Verfügung zu stellen, der auf die Druckverhältnisse im Darm abgestimmt ist.

#### Material:

Es handelt sich bei diesem Stoff um Polyvenylalkohol (PVAL), der aber polymerisiert, d.h. acetyliert ist. Man spricht dann von einem Polyvenylacetal- oder einem Polyvenylformalschaumstoff. Wie die letzte Bezeichnung schon sagt, ist die Umhüllung in Form eines Schaumstoffes vorhanden, der vor Anwendung angefeuchtet werden muß. Im Gegensatz zu diesem Polyvenylacetal- oder Formalschaumstoff, der keine weiteren Substanzen abspaltet, sind die Polyesterschaumstoffe zu nennen, die später sogenannte Isocyanate abspalten. In ähnlicher Weise verhalten sich die Urethanschaumstoffe, die im Gegensatz zu dem von uns verwandten Material, karzinogen wirken können. Die Tamponumhüllung weist nach dem Befeuchten eine hohe Sprungelastizität auf, d.h. selbst bei Kompression über einen Zeitraum von 24 Stunden nimmt sie ihre ursprüngliche Form wieder an.

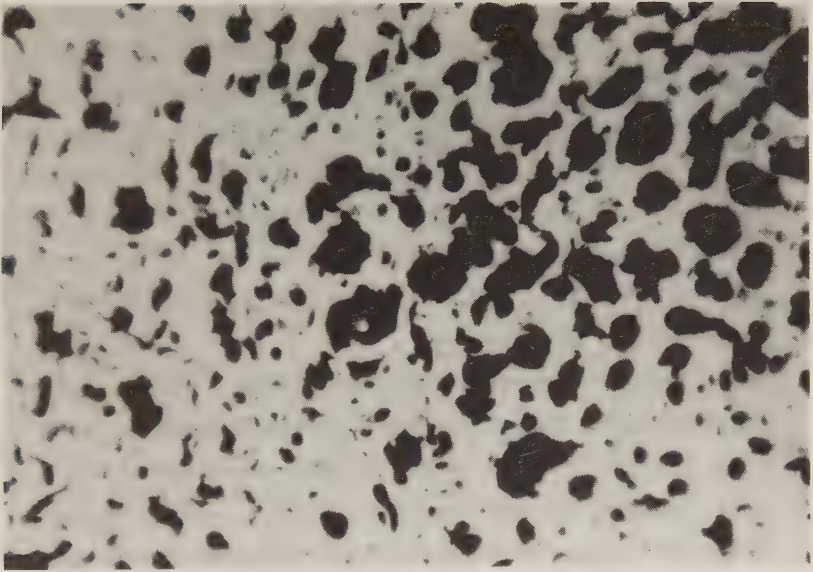


Abb. 23: Mikrostruktur der Tamponumhüllung  
Für das Material der Tamponumhüllung, Polyvenyl-  
formalschaumstoff, wurden im Institut für Werk-  
stoffwissenschaften der Universität Erlangen-  
Nürnberg einige Kenndaten ermittelt (im trockenen  
Zustand des Materials)  
spez. Raumgewicht:  $0,329 \text{ g/cm}^3$   
Porengröße:  $10 - 800 \text{ }\mu\text{m}$   
spez. Porenvolumen:  $2,33 \text{ cm}^3/\text{g}$   
Porosität:  $76,79 \%$

Außer dem Effekt der mechanischen Haltefunktion des Magnetkerns führt die Umhüllung zu einer absoluten Abdichtung des Darmes. Dies wird folgendermaßen erreicht. Die Oberflächenstruktur der Umhüllung ist so beschaffen, daß sie sich den Schleimhautfalten und Krypten des Enddarmes anlegt. Auf Grund der gewählten feinen Porengrößen erfolgt eine Stabilisierung des Magnettampons nicht nur durch die Anziehungskraft der Magnetwirkung, sondern auch durch die Adhäsion und Haftwirkung der Poren der Tamponumhüllung mit der Darmwand.

Alle Tamponumhüllungen besitzen einen Ausziehfa-den, um die Entfernung des Tampons aus dem Darm zu erleichtern, sowie eine zentrale Bohrung, in die der Magnetkern eingeführt wird. Nach genauen Untersuchungen mit den verschiedensten Tamponumhüllungsgrößen erwiesen sich folgende Abmessungen als günstig.

| Tampon | Ø     | Länge | zentr. Bohrung | Länge des Ausziehfadens |
|--------|-------|-------|----------------|-------------------------|
| Nr. 28 | 28 mm | 51 mm | ca. 8 mm       | 10 cm                   |
| Nr. 30 | 30 mm | 51 mm | ca. 8 mm       | 11 cm                   |
| Nr. 32 | 32 mm | 51 mm | ca. 8 mm       | 12,5 cm                 |

Tab. 15: Abmessungen der Analtampons.  
Die Maße verstehen sich im feuchten Zustand.

b) Endotampon:

Der Analtampon hat eine konzentrische Bohrung, in die dann der sogenannte Endotampon eingeführt wird.

Dieser Endotampon besteht aus dem gleichen Material wie die Magnetringshälften, nämlich aus Samarium-Cobalt, und ist mit einer Schutzschicht aus Epoxydharz überzogen.

---

Ø: 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm, 11 mm, 12 mm, 13 mm,  
14 mm, 15 mm, 16 mm und 18 mm.

Länge: 40 mm

---

Tab. 16: Abmessungen der Endotampons.

### 3. Vorgehen beim Applizieren des Analtampons

Man geht hierbei folgendermaßen vor:

1. Zunächst wird die richtige Größe des Analtampons und des Endotampons in Bezug auf den Magnetringinnendurchmesser und die Darmwanddicke bestimmt. Dies ist von entscheidender Bedeutung hinsichtlich der zu erreichenden Magnetkraft und der vollständigen Abdichtung.
2. Dann erfolgt das Einführen des Endotampons in die trockene Tamponumhüllung. Dabei wird dieser in die zentrale Bohrung der Tamponumhüllung vorgeschoben.
3. Befeuchtung des Analtampons mit warmen Wasser.
4. Der Analtampon wird etwas ausgedrückt, das proximale Ende des Tampons mit Gleitmittel benetzt und der Tampon unter Drehbewegungen in den Enddarm eingeführt. Nach erfolgtem Einbringen des Tampons wird der Ausziehaden an dem Analtampon mit einem Pflaster an der Innenseite des Oberschenkels fixiert. Danach überprüft man nochmals die richtige Position des Analtampons.

## B. Implantation des künstlichen Enddarms

### 1. Präoperatives Vorgehen und Operationsindikation

Auswahl der Patienten:

Anhand von tierexperimentellen Versuchen und Implantationen an der Leiche wurde nun das operative Vorgehen von WILLITAL wie folgt entwickelt.

Die Auswahl zur Indikation der Implantation des künstlichen Enddarms ist sehr kritisch zu stellen. Davon hängt ganz wesentlich der Erfolg dieses künstlichen Analverschlusses ab. Grundsätzlich muß eine komplette Inkontinenz vorliegen, die entweder begründet ist durch Fehlen der Muskelelemente, oder durch komplettes Fehlen der Innervation. Diese Voraussetzungen machen folgende Untersuchungen notwendig:

1. Genaue Anamnese, zusammen mit den Eltern
2. Röntgenuntersuchungen der Wirbelsäule, des Os sacrum und Kontrasteinlauf des Enddarms in 2 Ebenen mit Meßlatte. Gleichzeitig wird bei dieser Untersuchung der Versuch der röntgenologischen Verifizierung der Levatormuskulatur durch Defäkogramm durchgeführt.
3. Manometrie mit Hilfe von Tipkathetern
4. i.v.-Pyelogramm und Miktionszystouretrogramm

5. Exakter neurologischer Status

6. Psychiatrischer Befund.

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, daß eine Bereitschaft des Kindes und der Eltern vorliegen muß, nach erfolgter Operation und Implantation eine Übergangs- und Anpassungsphase an die neue Situation im Anorektalbereich durchzumachen. Nach der Implantation ist zunächst eine ca. 3 - 6 wöchige Pause zur Heilung einzulegen. Danach kann der Anal-tampon angepaßt werden.

Indikation für den künstlichen Endarmverschluß:

1. Inkontinenz bei Meningomyelozenen
2. Inkontinenz bei Analtresien, insbesondere bei hohen supralevatorischen Formen mit Sakraldysplasien und mehrfach durchgeführten operativen Eingriffen zur Rekonstruktion der Beckenbodenmuskulatur.
3. Inkontinenz bei Pfählungsverletzungen oder sonstigen Traumen, wobei auch hier bereits rekonstruktive Maßnahmen zur Wiederherstellung der Beckenbodenmuskulatur durchgeführt worden sind und die Inkontinenz nicht hergestellt werden konnte.
4. Inkontinenz bei Tumorexstirpation im Sakralbereich

Kontraindikationen für die Implantation sind:

1. Hydrocephalus
2. Geistig retardierte Kinder und Jugendliche
3. Kinder oder Eltern, die indifferent bzw. inkooperativ sind im Hinblick auf die Weiter- und Nachbehandlung
4. Sigma elongatum
5. Prolaps recti et ani.

## 2. Operationstechnik

Je nach Durchmesser des Darmes kann eine der sieben zur Verfügung stehenden Magnetringgrößen gewählt werden. Beide Ringhälften sind so gekennzeichnet, daß eine Unterscheidung zwischen Nord- und Südpol möglichst zu erkennen ist, da eine Verwechslung der Polarisierung später bei der Anwendung des Tampons dazu führt, daß der Endotampon um  $180^{\circ}$  gedreht werden muß. Um dies zu vermeiden, ist bereits intraoperativ eine exakte Lokalisation des Magnetringsystems notwendig. Als Zugang wird ein sakraler Weg gewählt. Die Kinder liegen in Steinschnittlage mit eleviertem Becken. Es wird ein umgekehrt V-förmiger Hautschnitt mit der Spitze über dem Os coccygeum durchgeführt, anschließend erfolgt eine Freipräparation des Enddarms an den lateralen Anteilen.

Nach Lösung des Ligamentum anococcygeum stößt man direkt auf die Rückseite des Rektums. Die Wand des Rektums kann insbesondere bei Meningomyelozenen sehr dünn und verletzlich sein. Das Rektum verläuft nach kranial meist dicht an der Innenseite des Os sacrum. Hier sollte eine retrosacrale Freipräparation wegen der leichten Verletzlichkeit des Darmes nicht durchgeführt werden. Die Freipräparation in den lateralen Anteilen erfolgt stumpf. Die Hauptschwierigkeit bei dieser Operation liegt in der Freipräparation des Darmes an der Vorderseite zur Urethra zu. Präoperativ wird in jedem Fall ein Blasenkatheter eingelegt, der bei der weiteren Präparation getastet werden kann.

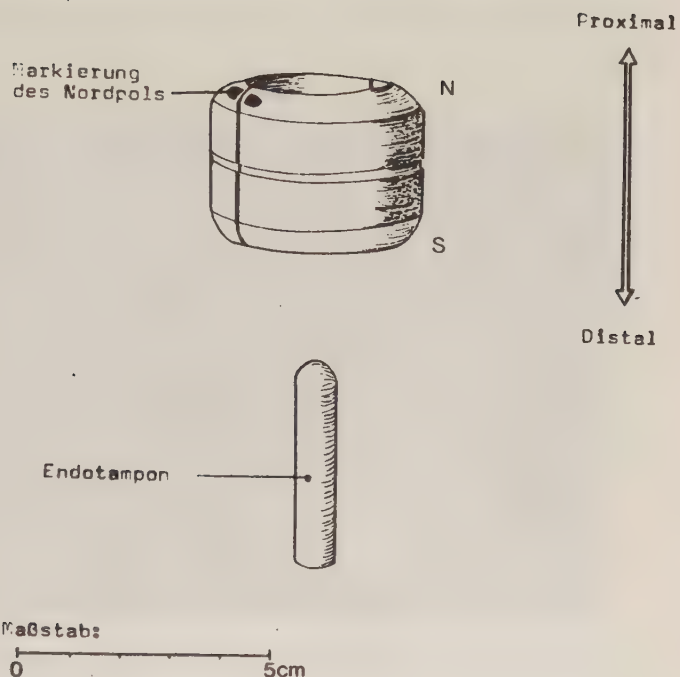


Abb. 24: Die richtige Polarisierung des Magnetring-Systems.

Unter wechselnder endoskopischer Kontrolle und digitaler Austastung des Darms erfolgt dann ein stumpfes Umfahren des Darmes auf der anterioren Seite. Wie bereits erwähnt, liegt die Hauptschwierigkeit darin, genügend Gewebe an der Darmwand auf der anterioren Seite zu belassen, ohne Verletzung der Urethra. Die Intraoperative Endoskopie ist hierbei eine außerordentlich wichtige und nützliche Hilfe. Anschließend erfolgt die Implantation der anterioren Ringhälfte. Zunächst wird ein doppelter Mersilenfaden um das Rektum gelegt und auf dieser Leitschiene die anteriore Ringhälfte um den Darm gelegt. Wesentlich erleichtert wird dieser Vorgang, wenn bereits vor der Ringimplantation in die Rille der einen Magnetringhälfte ein nicht resorbierbarer Faden, z.B. Mersilen, gelegt und dort mit Palacos fixiert wurde. Anschließend erfolgt dann das Auflegen der hinteren Ringhälfte, wobei die Verbindung mit der anterioren Hälfte durch die angebrachten Titaniumstifte zustande kommt. Beide Ringhälften werden dann entweder über den gelegten Mersilenfaden oder aber über einen Draht miteinander fixiert. Anschließend erfolgt ein schichtweiser Wundverschluß mit einer Drainage des Wundgebietes.

Überblick zum op-taktischen Vorgehen:

Magnetimplantation beim Menschen

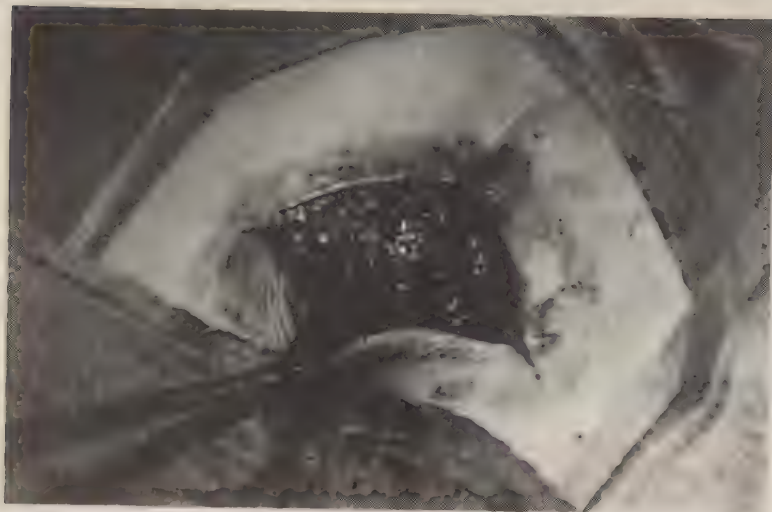


Abb. 25: Umgekehrter V-förmiger Hautschnitt über dem Steißbein

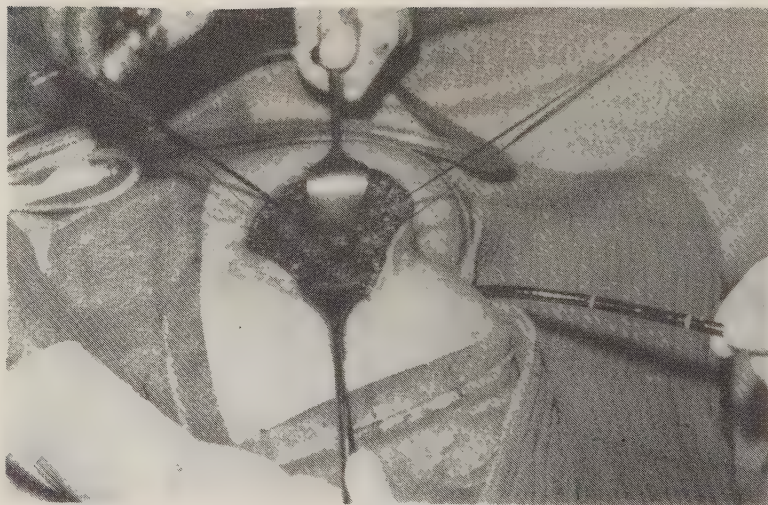


Abb. 26: Stumpfes Freipräparieren des Rektums

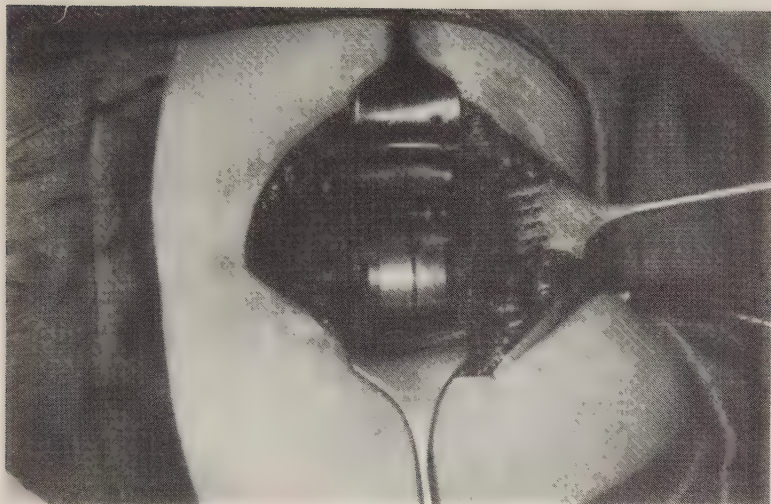


Abb. 27: Unter endoskopischer Kontrolle Präparation  
auf der anterioren Seite und Ringimplantation.

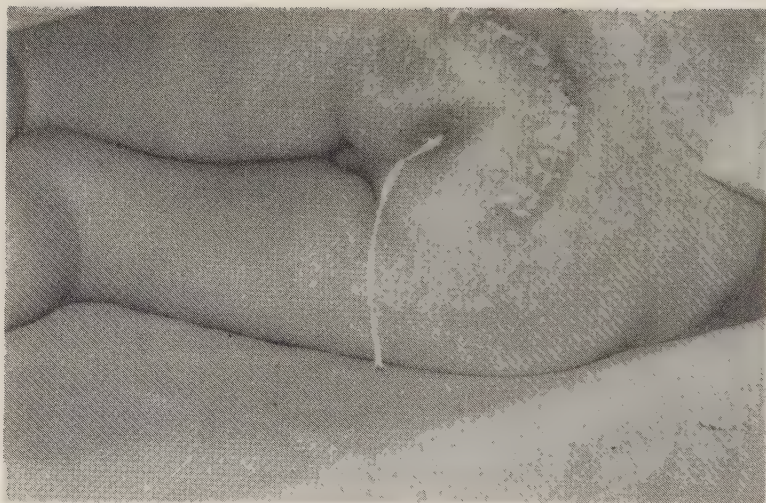


Abb. 28: Verschluß der Wunde

Beachtung komplikationsauslösender Komponenten:

1. Eine Fixation des Ringsystems am Os sacrum oder an anderer Stelle insgesamt ist unzweckmäßig, da es dabei zu einem Abkippen des Ringes und zu einer Darmwandschädigung kommt.
2. Zu vermeiden ist auch eine Freipräparation des Darmes von der Konkavität des Os sacrum her, da der Darm dieser eng anliegt und es so zu einer Störung der Gefäßversorgung oder einer Darmverletzung kommen kann.
3. Die Lokalisation des Magnetringes hat so zu erfolgen, daß zwischen der äußeren Haut und der unteren Begrenzung des analen Magnettrings Gewebe in einer Schichtdicke von mindestens 1 cm vorliegt. Bei zu oberflächlicher Einpflanzung des Ringes unter die Analhaut, kann es zu Durchblutungsstörungen, Dekubitus und auch zu größeren sensitiven Störungen kommen.
4. Insgesamt soll die Freilegung des Darmes auf der anterioren Seite nicht zu weit erfolgen, da der Magnetring sonst zu viel Spiel hat, seine Bewegungen zu Nekrosen führen und der Einheilungsprozeß verzögert wird.
5. Die Freipräparation des Darmes darf nicht instrumentell erfolgen, da dabei die Perforationsgefahr der Rektumvorderseite besonders groß ist.

6. In allen Fällen ist ein Urethraalkatheter zu legen, um die Identifikation der Harnröhre zu erleichtern.
7. Bei Implantation eines Magnetings nach vorausgegangener Operation im Anorektalbereich, z.B. bei Analatresien, sind häufig die lateralen und anterioren Anteile des Darms mit der Umgebung stark verwachsen. Hier ist besonders vorsichtig vorzugehen, um weder eine Urethral- noch eine Darmwandverletzung zu riskieren.
8. Bei Kindern mit Meningozelen ist zu beachten, daß auf Grund des fehlenden Verschlussesmechanismus im Enddarm eine Anpassungshypertrophie der Darmwand nicht vorliegt. In diesem Fall ist die Darmwand äußerst dünn, zerreißbar und vulnerabel.

#### Konsequenzen:

- a) Intraoperativ auftauchende offene Stellen im Darm sind eine Kontraindikation zur Implantation des Ringes. Es kommt unweigerlich zu Fistelbildungen und Abszessen. Sekundär ist in diesen Fällen immer eine Explantation notwendig.
- b) Wenn nach erfolgter Magnetringimplantation postoperativ eine Wandnekrose entsteht, ist auch in diesen Fällen eine Explantation des Ringes notwendig.

c) Bei Verletzung der Urethra ist in jedem Falle intraoperativ eine Schlenung der Harnröhre notwendig, wobei die Blase über eine suprapubische Ableitung entlastet werden sollte.

Nach diesem operativen Vorgehen ist, wie vorhin schon erwähnt, eine postoperative Heilungsdauer von 4 - 6 Wochen erforderlich, bei der der Ring in seine natürliche Umgebung einwächst. Jede Manipulation im Operationsgebiet ist zu unterlassen. Erst danach erfolgt eine Anpassung des Magnet-tampons mit seiner Umhüllung.

### 3. Postoperatives Vorgehen

Nach einer Einheilungsdauer von 3 - 6 Wochen kann dann der Analtampon appliziert werden. Während dieser Zeit bleibt der Patient entweder auf der Station, oder er geht kurzfristig nach Hause und wird nochmals erneut dafür einbestellt.

Nachdem nun dem Patienten der Tampon mit seiner Umhüllung angepaßt wurde, wird für ihn ein Implantationsprotokoll erstellt, in dem, wie auf der nächsten Seite zu ersehen ist, die wichtigsten Daten des Systems, des Zeitverlaufs und der Komplikationen der postoperativen Phase verzeichnet werden. Auch die typischen und individuell erzielbaren Drucke beim Pressen und Husten sind darauf verzeichnet, wovon die Abstimmung der Systemeinzerteile ja auch abhängig ist. Bis zur Stabilisierung der Stuhlgewohnheiten und der Eingewöhnung des Patienten, der ja nun das System selbst bedienen soll, verbleibt der Patient auf Station, wobei ein genaues TamponJournal geführt wird (siehe Tab. 18).

Die Entlassung erfolgt unter genauer Einweisung des Patienten und seiner Eltern in die Handhabung des Systems und der Zeiträume der Nachuntersuchung.

Datum .....

Analklappe - Tamponimplantation

---

Name .....

Vorname .....

Geburtsdatum .....

Datum Erstimplantation (Ring) .....

Datum Erstimplantation (Tampon) .....

Zeltraum OP - Tamponimplantation .....

Komplikationen bis zur Tamponimplantation .....

.....

.....

Ringgröße .....

Darmdurchmesser (Röntgen) .....

Magnettamponggröße .....

Tamponumhüllungsgröße Nr. ....

Einweichdauer .....

Abstand von der Anokutanlinie .....

Manometrie a) Druck beim Pressen: ... Tampon stabil ja nein

b) Druck beim Husten: ... Tampon stabil ja nein

.....  
Unterschrift des behandelnden Arztes

Name:

Archivnummer:

| Datum/<br>Zeitp. | Tampon<br>in situ | Tampon<br>entfernt | Tampon Typ<br>Magnet Hülle | Defäkation<br>Ja/nein/fest/flüssig | Tampon dicht<br>fest/flüssig/gas | Tampon<br>stabil | Tampon<br>Instabil | Endosk. |
|------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------|---------|
|------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------|---------|

Tab. 18: Tamponjournal

## VI. DARMGASABSORPTIONSMÖGLICHKEITEN DURCH DEN ANALTAMPON

---

### 1. Menge und Zusammensetzung der Darmgase

Darmgase entstehen beim Abbau der Nahrungsstoffe und werden zum größten Teil durch die verschiedenen Bakterien der Darmflora produziert. Andere Quellen der Gasproduktion, zum Beispiel die Diffusion von  $\text{CO}_2$  aus dem Blut in das Darmlumen spielen eine geringere Rolle.

- Die Menge der produzierten Gase schwankt individuell von 400 ml bis 1200 ml pro Tag, die durch Flates den Analkanal passieren.

Die fünf Hauptbestandteile des Darmgases bestehen aus:

|              |                   |                             |
|--------------|-------------------|-----------------------------|
| Stickstoff   | ( $\text{N}_2$ )  | 23 % - 80 %                 |
| Wasserstoff  | ( $\text{H}_2$ )  | 0,06 % - 47 %               |
| Kohlendioxid | ( $\text{CO}_2$ ) | 5,1 % - 29 %                |
| Methan       | ( $\text{CH}_4$ ) | nicht - 26 %<br>nachweisbar |
| Sauerstoff   |                   | 0,1 % - 2,3 %               |

Da die fünf größten Bestandteile der Darmgase nicht unangenehm riechen, bzw. geruchlos sind, müssen noch andere Stoffe an der Zusammensetzung beteiligt sein.

Die geruchsbildenden Komponenten sind:

Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ )

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ )

Indole, Skatole, flüchtige Amine und kurzkettige Fettsäuren. Sie alle zusammen machen weniger als 1 % der Darmgase aus. Schwefelwasserstoff ist dabei der hauptsächlichste Vertreter dieser Gruppe und verursacht den üblen Geruch. Die menschliche Nase kann dieses Gas noch in Konzentrationen von 0,1 ppm (ppm = mg/l) wahrnehmen. Das entspricht einer Menge von  $3,1 \times 10^{-6} \text{ mol/l H}_2\text{S}$  (46, 47, 86).

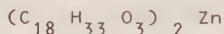
## 2. Geruchslöschung durch Grillocin<sup>R</sup>

Von einer Dulsburger Firma wird ein chemischer Wirkstoff hergestellt, der sehr gute geruchslöschende Eigenschaften besitzen soll. Das brachte uns auf den Gedanken, den Wirkstoff (Grillocin) auf seine Eignung zur Minderung der Geruchsbelästigung bei Analtamponträgern zu überprüfen.

### a) Beschreibung des Wirkstoffes

- Grillocin besteht aus einer Kombination von Zink - Rizinoleat mit Synergisten, wie z.B. Zinkverbindungen von mehrfach hydroxilierten höheren Fettsäuren, Oxaminen und Harzsäuren.

- Summenformel des Zink - Rizinoleates:



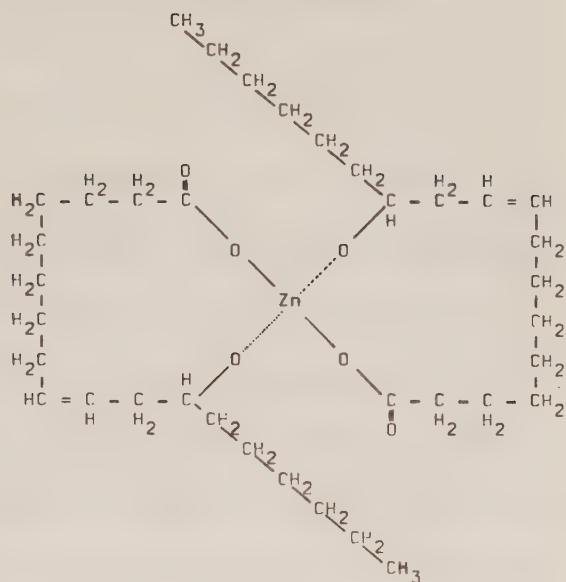
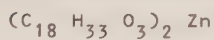


Abb. 29: Strukturformel des Zink-Rizinoleates



- Aussehen: bräunlich, sirupöse Substanz mit schwachem charakteristischem Eigengeruch.

- Kenndaten der Grundtype HY - 77 (chem. Wirkstoff):

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| Zinkgehalt %                | $6,5 \pm 0,2$     |
| H <sub>2</sub> O - Gehalt % | weniger als 1,0   |
| Aschegehalt %               | weniger als 8,5   |
| Spezifisches Gewicht        | $1,083 \pm 0,005$ |

- Stabilität

Grillocin ist über einen pH-Bereich von 4,5 - 8,0 stabil. Es kann bei längerer Lagerung geringe Mengen einer kristallinen Phase absetzen, die sich leicht wieder aufrühren läßt. Bei Lichtzutritt kann es nachdunkeln. Eine Beeinträchtigung von Qualität, Wirksamkeit und Verarbeitbarkeit tritt hierdurch nicht auf. Die Haltbarkeit beträgt mindestens ein Jahr.

b) Wirkungsweise

Grillocin ist ein hochwirksamer Geruchslöschler aus der Gruppe der Zinkseifen von ein- und mehrfach hydroxilierten ungesättigten Fettsäuren. Metallsalze der Rizinolsäure, vor allem des Zinks und der mit Zink verwendeten Nebengruppenelemente, besitzen eine ausgeprägte Reaktivität gegenüber niedermolekularen Verbindungen mit Amino-Stickstoff und Mercapto-Schwefel enthaltenden funktionellen Gruppen. Durch Zusatz anderer Derivate mehrfach hydroxilierten Fettsäuren oder Harzsäuren wird die geruchslöschende Wirkung noch verstärkt. Unter Geruchslöschung wird hier die chemische Bindung riechender Substanzen verstanden. Der Wirkungsmechanismus ist im einzelnen aber noch nicht aufgeklärt. Sicher ist jedoch, daß der Effekt der Geruchslöschung nicht auf einer Überdeckung oder Umwandlung des Duftes beruht. Wahrscheinlich bewirkt eine sogenannte Einschlußverbindung vom Clathrattyp die Bindung der Gerüche in Abhängigkeit von funktionellen Gruppen, Struktur und Größe der Moleküle, so daß sie sensorisch nicht mehr wahrnehmbar sind.

Grillocin besitzt keine bakterizide, fungizide oder antitranspirative Wirkung und greift daher in die biologischen Vorgänge auf der Haut nicht ein (14, 48, 49, 50, 72).

c) Toxikologische und dermatologische Eigenschaften

- In zahlreichen pharmakologisch-toxikologischen Gutachten (Braun-Falco, Kuschinsky, Lowicki, Sartori)

wurde das Verhalten von Grillocin nach Einwirkung auf die Schleimhäute (im Vaginalbereich) untersucht. Vor allem war es wichtig, ob eventuell das im Grillocin enthaltene Zink durch die Schleimhaut resorbiert wird und zu einer Erhöhung des Zinkgehaltes im Serum und in den Organen führt. Versuchstiere (Ratten) wurden im Vaginalbereich mit einem grillocinhaltigen Spray behandelt. Weiterhin wurde eine Grillocin-Paste intravaginal (Kaninchen) aufgetragen. Obwohl erhebliche Wirkstoffmengen appliziert wurden, konnte keine statistisch signifikante Vermehrung von Zink in den untersuchten Organen festgestellt werden. In diesem Zusammenhang soll darauf hingewiesen werden, daß Zink nach Eisen das zweitwichtigste Bioelement beim Menschen ist. Eine Zinkaufnahme zwischen 10 mg und 25 mg/Tag ist lebensnotwendig (5, 6, 38, 45).

- Beim Irritationstest erfolgte an 321 Probanden eine Prüfung nach der Methode von Jadassohn und Bloch epicutan an der menschlichen Haut. Es kam in keinem Fall zu einer Hautreaktion (Lowicki).

- Beim Allergenitätstest an Meerschweinchen wurde bei keiner der verschiedenen Ausfertigungen von Grillocin eine allergene Auslösereaktion beobachtet (14, 49).
  
- Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mit der Anwendung von Grillocin kein Eingriff in biologische Vorgänge erfolgt. Dermatologische Untersuchungen bestätigen die Hautfreundlichkeit dieser Wirkstoffe. Toxikologische Wirkungen bezüglich des Zinkgehaltes traten selbst bei extrem hohen Dosierungen nicht auf.

## VII. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR BINDUNG VON SCHWEFELWASSERSTOFF MIT GRILLOCIN<sup>R</sup>

---

### A. Versuchsprinzip

Die grundsätzliche Fragestellung für unsere Untersuchungen ergibt sich aus der geschilderten Problematik der Geruchsbelästigung bei Tamponträgern durch diffundierende Darmgase. Wir wollten feststellen, ob ein Tampon, der mit dem geruchslöschenden Wirkstoff Grillocin behandelt worden ist, genügend Schwefelwasserstoff aus einem entsprechenden Gasgemisch absorbieren kann. Genügend heißt, daß keine wahrnehmbare Menge  $H_2S$  den Tampon durchdringen kann.

#### 1. Versuchsanordnung

Zu diesem Zweck haben wir einen Versuchsaufbau entworfen (Abb. 30) mit dem wir die Absorption von Schwefelwasserstoff durch grillocinenthaltende Tampons messen können. Im Prinzip besteht die Versuchsanordnung aus drei Teilen:

##### a) Das Gasreservoir

Dieses bilden zwei Perfusorspritzen mit einem Gesamtvolumen von 100 ml. Die beiden Spritzen werden auf einen geeichten Perfusor der Firma Braun befestigt.

Der Perfusor sorgt für eine gleichmäßige Entleerung der Spritzen und kann auf verschiedene Entleerungszeiten ( = Perfusionszeiten) eingestellt werden.

b) Die Tamponhalterung

Das Gas, das aus dem Perfusor strömt, soll durch den Tampon geleitet werden. Zu diesem Zweck wurden Glasröhren angefertigt. Ihre Länge betrug 100 mm, ihr Innendurchmesser war um je 2 mm kleiner als der Außendurchmesser der zu untersuchenden Tampons im feuchten Zustand.

Die offenen Enden des Glasrohrs wurden mit einem Gummistopfen verschlossen. Die Gummistopfen besitzen eine zentrale Bohrung um die zu- und abführenden Gasschläuche anzuschließen.

c) Der Absorptionszylinder

Durch die Tamponhalterung hindurch strömt das Gas in einen Meßzylinder mit einem Volumen von 100 ml. Im Zylinder befindet sich eine Absorptionslösung, die den Schwefelwasserstoff im Gasstrom absorbiert und in Natriumsulfid überführt. Das Natriumsulfid kann gemessen werden. Aus diesem Wert läßt sich rechnerisch die Menge  $H_2S$  bestimmen, die den Tampon passiert hat.

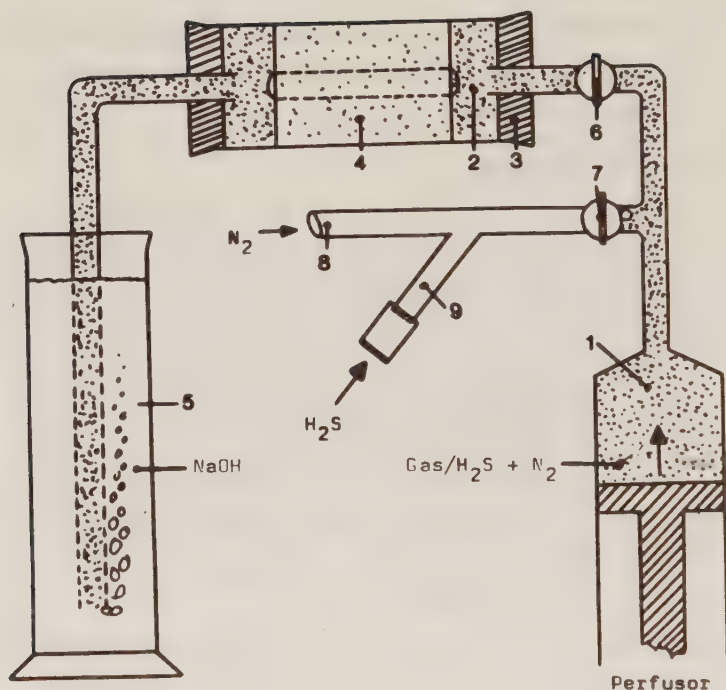


Abb. 30: Versuchsaufbau  
(schematische Darstellung siehe auch Abb. 31)

1. Gasreservoir (Perfusorspritze)
2. Tamponhalterung (Glasrohr)
3. Gummistopfen mit zentraler Bohrung
4. Analtampon
5. Absorptionszylinder mit Absorptionslösung
- 6./7. Zwei-Weg Glashahn zum Öffnen und Schließen der zu- und abführenden Gasleitung
8. Zuleitung für Stickstoff
9. Anschlußstopfen mit Gummimembran zum Einspritzen von  $H_2S$

- Füllung des Gasreservoirs

Der wichtigste Teil der Versuchsvorbereitung ist die Füllung des Gasreservoirs (1) mit einem Stickstoff-Schwefelwasserstoff-Gemisch. Diese Füllung muß beliebig reproduzierbar sein. Wir wählten Stickstoff als Füllgas, weil es chemisch inert ist und die Messungen des Sulfid-Ions in der Absorptionslösung nicht stört.

- Zuführung von  $H_2S$  und  $N_2$

Über eine zuführende Gasleitung (8) wird die Versuchsanlage direkt an die Stickstoffdruckflasche angeschlossen. Ein dazwischengeschaltetes Überdruckventil sorgt für einen praktisch überdruckfreien Gasstrom im zuführenden Schlauch (8). Der Überdruck kann durch die Füllhöhe des Flüssigkeitsspiegels im Ventil eingestellt werden und ist bei 5 mmH<sub>2</sub>O verschwindend gering. Die Schwefelwasserstoffdruckflasche ist mit dem System nicht verbunden. Der H<sub>2</sub>O-Strom aus der Flasche fließt wie beim Stickstoff über ein Überdruckventil, dort kann aus einem Verschlussstopfen mit Gummimembran mittels einer kleinen Spritze eine beliebige Menge Gas abgezapft und am Anschlussstopfen (9) der Versuchsanlage eingespritzt werden.

## 2. Die standardisierte Versuchsdurchführung

Um Aussagen über eine ausreichende Bindung von  $\text{H}_2\text{O}$  an Grilloclin machen zu können, füllen wir bei allen Versuchen das Gasreservoir mit 2 ml  $\text{H}_2\text{O}$  und 98 ml  $\text{N}_2$ . Das entspricht einer zweiprozentigen Konzentration des geruchsbildenden Gases und damit dem doppelten der natürlichen Verhältnisse. Der Vorgang beim Füllen besteht aus folgenden Einzelschritten (siehe auch Abb. 30).

- Vor jedem Versuch wird das ganze System durch Öffnen der Glashähne (6 und 7) mit  $\text{N}_2$  fünf Minuten gespült. Die Perfusorspritze wird dabei dreimal von Hand gefüllt und entleert. Das Gas entweicht über den Absorptionszylinder (5).
- Glashahn 6 wird geschlossen. Durch Drehen des Handrades am Perfusor wird etwa 10 ml  $\text{N}_2$  aufgesaugt, dann Glashahn 7 geschlossen. Bei geschlossenen Glashähnen erzeugt man durch weiteres Drehen am Handrad einen leichten Unterdruck im Gasreservoir.
- Mit einer 2 ml Spritze saugen wir am Verschlussstopfen des Überdruckventils der  $\text{H}_2\text{S}$  Flasche 2 ml Gas auf und spritzen es am Anschlussstopfen (9) der Versuchsanlage ein. Durch Öffnen des Glashahnes 7 kommt es zum Druckausgleich. Der Schwefelwasserstoff zusammen mit Stickstoff kann mit der Perfusorspritze bis zur 100 ml Markierung aufgezogen werden. Der Glashahn 7 wird rasch verschlossen.

- Wenn wir den zu messenden Tampon axial in die Halterung eingeführt haben und den Absorptionszylinder mit 100 ml Absorptionslösung gefüllt haben, ist die Vorbereitung beendet.
- Der Glashahn 6 wird geöffnet, der Perfusor mit der gewünschten Geschwindigkeit eingeschaltet und das Gas strömt durch den Tampon in die Absorptionslösung.
- Nach beendeter Perfusion haben wir Hahn 7 geöffnet, um das Gas im Totraum hinter dem Tampon mit  $N_2$  in die Absorptionslösung zu spülen.

Die Toträume vor und hinter dem Tampon wurden durch die verwendeten Kapillarleitungen verschwindend gering gehalten, so daß eine erfaßbare Beeinträchtigung der quantitativen Messung auszuschließen ist.

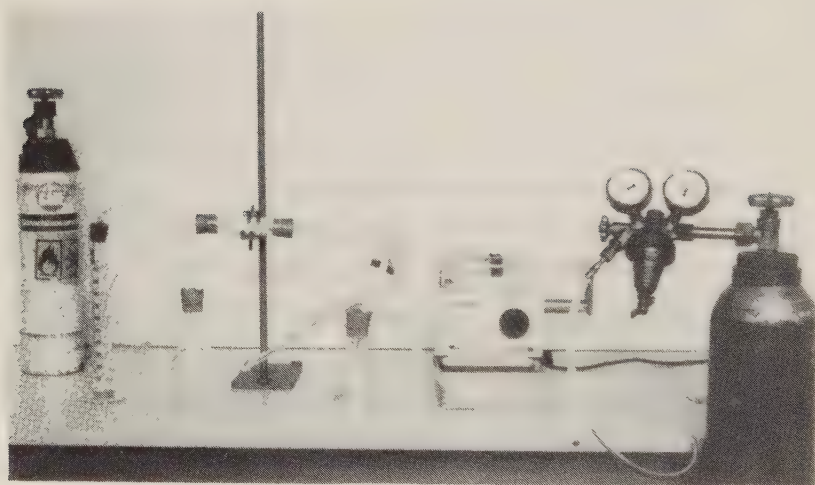


Abb. 31: Versuchsanlage  
Überblick der gesamten Versuchsanlage

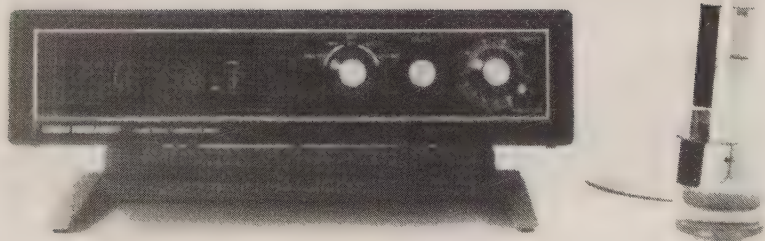


Abb. 32: Millivoltmeter mit Sulfidelektrode und Referenzelektrode zur Messung der Sulfidkonzentration in der Absorptionslösung als Maß für das durch den Analtampon penetrierende, nicht chemisch gebundene  $H_2S$ .

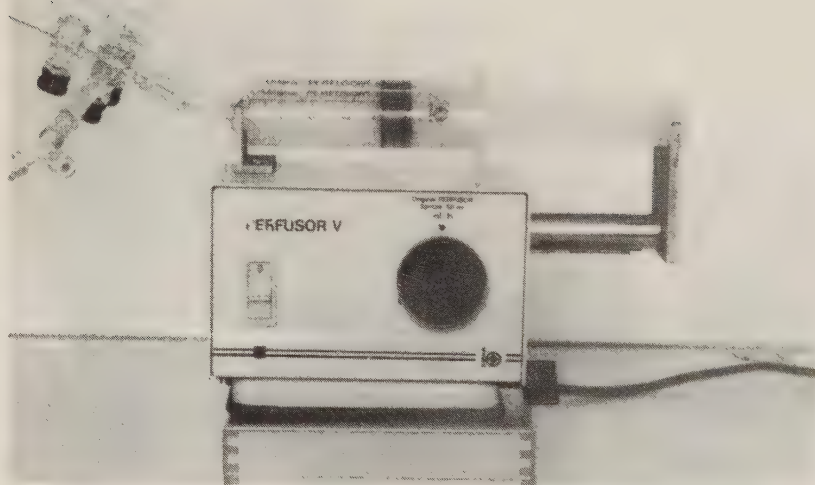


Abb. 33: Das Gasreservoir (1)

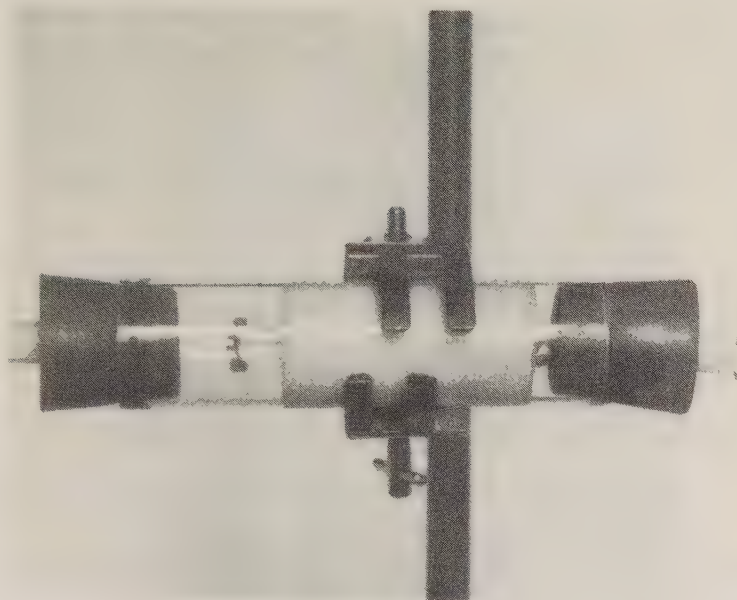


Abb. 34: Die Tamponhalterung (2)

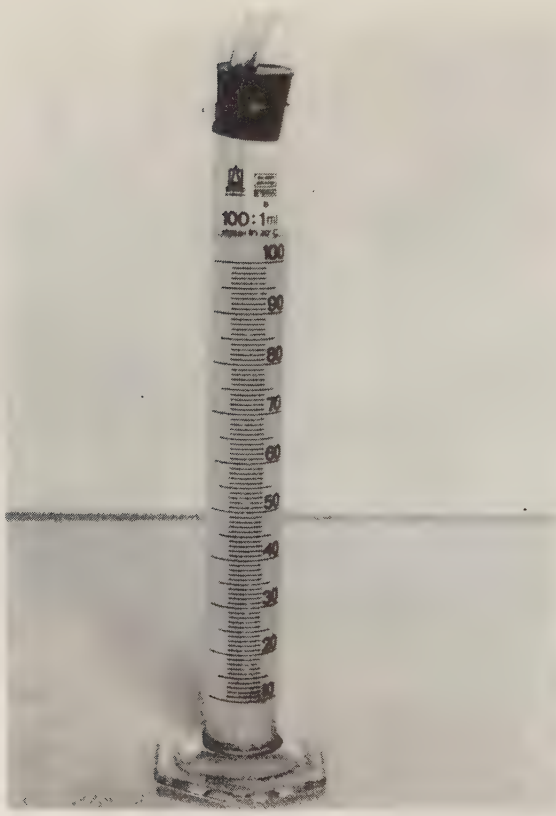


Abb. 35: Der Absorptionszylinder (5)

(Die Zahlen hinter den einzelnen Komponenten der Versuchsanlage entsprechen der schematischen Darstellung auf Seite 150).

### 3. Quantitative Messung von Schwefelwasserstoff mit einer sulfidspezifischen Elektrode

Am Ende eines jeden Versuches befindet sich die bestimmte Menge  $\text{H}_2\text{S}$ , welche vom Tampon durchgelassen wird, in der Absorptionslösung und kann dort gemessen werden.

#### a) Theoretische Grundlagen

- Als Absorptionslösung muß täglich eine frische Lösung angesetzt werden, ein sogenannter Sulfid-Antioxidantien-Puffer (SAOB II). Dieser erfüllt zwei Aufgaben:

1. Die enthaltene Natriumlauge überführt  $\text{H}_2\text{S}$  in Natrium-Sulfid  $(\text{NaOH})_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

2. Das so entstandene Sulfid-Ion wird durch das Reduktionsmittel Ascorbinsäure wirksam vor Oxidation geschützt. In der Gleichung  $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{HS}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{S}^{2-} + 2\text{H}^+$  verschiebt sich dadurch das Gleichgewicht auf die rechte Seite. Das ist notwendig, denn nur das Sulfidion  $\text{S}^{2-}$  wird von der Elektrode erfaßt.

Die Absorptionslösung setzt sich zusammen aus:

|        |                  |
|--------|------------------|
| 200 ml | 10 M NaOH        |
| 35 g   | Ascorbinsäure    |
| 200 ml | 10 M NaOH        |
| 35 g   | Ascorbinsäure    |
| 67 g   | Dinatrium - EDTA |

Die Chemikalien werden in 600 ml destilliertem, sauerstoff-freiem Wasser zuerst gelöst, dann auf 1000 ml aufgefüllt.

- Die  $S^{2-}$ -Standard-Lösung wird ebenfalls selbst hergestellt. Zunächst machen wir eine  $S^{2-}$ -Stammlösung. Dazu werden ca. 100 g  $Na_2S \times 9 H_2O$  in 100 ml  $O_2$ -freiem, destilliertem Wasser leicht geschwenkt und über Nacht stehen gelassen. Aus der Stammlösung kann am nächsten Tag ein Wochenstandard angesetzt werden. Hierfür pipettieren wir 10 ml Stammlösung in einen 1l-Meßkolben, geben 500 ml SAOB zu und füllen mit  $O_2$ -freiem destillierten Wasser auf. Die genaue Konzentration des Standards wird durch Titration mit 0,1 M Bleiperchlorat-Lösung ( $Pb(ClO_4)_2$ ) ermittelt. Durch Verdünnung des Wochenstandards können täglich die verschiedenen Eichstandards hergestellt werden (2, 51, 55, 56).

#### b) Messung der Sulfidkonzentration

Das Sulfid-Ion kann mit einer spezifischen Elektrode gemessen werden. Wir benutzen die ORION Sulfid-Elektrode ( $S^{2-}$ ) mit der dazugehörenden Referenz-Elektrode. Beide Elektroden werden an das Digital-pH/mV-Meter Modell 701A (ORION) angeschlossen.

Zur Bestimmung der Probenkonzentrationen bedienen wir uns der Direktpotentiometrie. Die Probenkonzentration wird dabei aus der Potentialdifferenz einer Proben-, sowie einer Standardlösung abgeleitet. Das Ergebnis kann rechnerisch ermittelt werden. Die Direktpotentiometrie bietet bedeutende Vorteile:

- Probenkonzentrationen sind Infolge des logarithmischen Zusammenhanges über extrem große Konzentrationsbereiche ohne Nacheichung bestimmbar (von 1 Mol bis  $10^{-6}$  Mol).
- Nach einmaliger Eichung der verwendeten Elektroden kann eine große Anzahl von Proben gemessen werden.
- Einschränkung: Proben und Standards müssen bei gleicher Temperatur gemessen werden (Übereinstimmung  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ).
- Direktmessung mit dem Digital-pH/mV Meter Modell 701A-Sulfid

1. Durch Serienverdünnung des wöchentlichen Sulfid-Standards werden drei verschiedene Standardlösungen zu je 100 ml hergestellt (10 ml, 1 ml, 0,1 ml Wochenstandard zu jeweils 50 ml SAOB II geben und auf 100 ml mit  $\text{O}_2$ -freiem destillierten Wasser auffüllen).
2. Die Elektroden werden zunächst in den Standard niedriger Konzentration getaucht. Nach leichtem Rühren stabilisiert sich die Anzeige und der Meßwert in mV, kann abgelesen und notiert werden.

3. Elektroden abspülen, trocknen und in den Standard mittlerer Konzentration tauchen. Weiteres Verfahren wie bei Punkt 2.
4. Elektroden abspülen, trocknen und in den konzentrierteren Standard tauchen. Weiter wie bei Punkt 2.
5. Die mV-Meßwerte (lineare Achse) gegen die Konzentration (logarithmische Achse) auf vier Dekaden halblogarithmisches Papier auftragen (siehe Eichkurve). Aus dem Mittel der Potentialdifferenzen kann die Elektrodensteilheit (= Potentialänderung pro Konzentrationsdekade) berechnet werden.
6. Nun können wir die Elektroden in unsere 100 ml Proben tauchen. Mit den ermittelten mV-Werten der Proben und der Standards errechnet sich die unbekannte Probenkonzentration nach der Formel:

$$C_x = C_s \times 10^{\frac{\Delta E}{ES}}$$

Erklärungen:

- $C_x$  = die unbekannte Konzentration (mol/l)  
 $C_s$  = die Konzentration des Standards  
 $\Delta E$  = die Potentialdifferenz zwischen Probe und Standard  
 $ES$  = die Elektrodensteilheit

- Die erhaltene Probenkonzentration  $C_x$  hat die Einheit mol/l.

Zwar handelt es sich hierbei um die Sulfid-Ionen Konzentration, jedoch entspricht diese zugleich der Konzentration an  $H_2S$



| Fehlerquellen                                                    | Maßnahmen                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Falsche Füllung des Gasreservoirs                                | Standardisierte Versuchsdurchführung (Seite 152), statistische Überprüfung (Seite                                                                                                         |
| Toträume in den zu- und abführenden Gasleitungen                 | Verwenden von Kapillarleitungen und "Spülen" des Systems mit $N_2$                                                                                                                        |
| Gasdiffusion zwischen Tampon und Glaswandung der Tamponhalterung | Der Durchmesser der Glasröhren ist 2 mm kleiner als der des Tampons, zusätzlich gewährleistet die Adhäsion der Oberflächenporen des Tampons an der Glaswand einen festen und dichten Sitz |
| Das Sulfidion in der Absorptionslösung wird oxidiert             | Tägliche Herstellung einer frischen Absorptionslösung (Seite 159)                                                                                                                         |
| Falsche Meßwerte der Elektrode                                   | Sorgfältige Reinigung der Elektroden-Membran mit Spezialpapier, tägliche Eichung der Elektroden, ständiges Rühren der Proben beim Meßvorgang                                              |
| Sulfidstandard durch Verunreinigung oder Oxidation verfälscht    | Täglich frischer Ansatz und Eichung des Sulfidstandards                                                                                                                                   |
| Falsche Werte bei Temperaturdifferenz von Standard und Proben    | Standard und Probe werden vor dem Messen im Wasserbad auf $20^{\circ}C$ gebracht                                                                                                          |
| Verschleppen von Probenlösungen beim Messen durch die Elektrode  | Abspülen der Elektrode mit Aqua dest. und trocknen nach jedem Meßvorgang                                                                                                                  |

Tab. 19: Übersicht möglicher Fehlerquellen bei der Durchführung der Versuche, Maßnahmen zur Verhinderung dieser Fehler.

## B. Messungen und Ergebnisse

### 1. Fragestellung

Ziel unserer Untersuchungen war es, festzustellen, ob ein Grillocin-enthaltender Tampon Schwefelwasserstoff in ausreichender Menge absorbieren kann. Dabei galt es vor allem vier Punkte abzuklären.

#### Punkt 1:

Bestehen Unterschiede bei den gebräuchlichen Tampongrößen. Alle untersuchten Tampons haben eine Länge von 51 mm und eine zentrale Bohrung von 8 mm (für den Endotampon). Unterschiedlich sind jedoch die Außendurchmesser der Tampons im feuchten Zustand.

| Tampon | Außendurchmesser | Länge | zentrale Bohrung |
|--------|------------------|-------|------------------|
| Nr. 28 | 28 mm            | 51 mm | 8 mm             |
| Nr. 30 | 30 mm            | 51 mm | 8 mm             |
| Nr. 32 | 32 mm            | 51 mm | 8 mm             |

Tab. 20: Abmessungen der untersuchten Tampons  
(befeuchteter Zustand)

Punkt 2:

Bestehen Unterschiede innerhalb einer Tamponggröße hinsichtlich der Perfusionsdauer des  $H_2S$ -haltigen Gasgemisches. Geprüft wurden vier Strömungsgeschwindigkeiten.

Perfuserstufe 10 = 1200 ml/h = 5 min/100 ml

Perfuserstufe 9 = 600 ml/h = 10 min/100 ml

Perfuserstufe 8 = 240 ml/h = 25 min/100 ml

Perfuserstufe 7 = 120 ml/h = 50 min/100 ml

Ursprünglich wollten wir die Absorption bei unterschiedlichen Perfusionsdrücken vergleichen. Vorangegangene Druckmessungen jedoch zeigten, daß aufgrund der ungehinderten Diffusion kein nennenswerter Druck vor dem Tampon, selbst bei der kürzesten Perfusionsdauer (5 min/100 ml), entstand.

Punkt 3:

Die Grillocin-Lösungen wurden uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Nach Angabe des Herstellers enthielten die Lösungen:

- 2 %ige wässrige Grillocin HY77-Lösung mit GI 912/10 %

- 4 %ige wässrige Grillocin HY77-Lösung mit GI 913/12 %

Bei GI 912 und GI 913 handelt es sich um ein anionisches Tensid, das toxikologisch und dermatologisch unbedenklich ist. Es dient als Lösungsvermittler zwischen Grillocin und Wasser. Wir wollten herausfinden, welche der beiden Lösungen für unseren Zweck die besseren Ergebnisse bringt.

Punkt 4:

Schließlich stellt sich die Frage, wie die Grillocin-Lösung auf den Tampon aufgebracht werden soll.

Es bieten<sup>n</sup> sich zwei Möglichkeiten an.

- Die Tampons werden bis zur völligen Durchweichung in die Lösung getaucht, dann ausgedrückt und verwendet.
- Die Tampons werden in die Lösung getaucht. Wenn sie durchweicht sind, werden sie entnommen und getrocknet.

Einen derart präparierten Tampon können die Patienten wie bisher benützen, also einfach unter dem Wasserhahn aufweichen, ausdrücken und einführen. Wir wollten wissen, welche Methode zu besseren Ergebnissen führt.

2. Versuche und Messungen

Insgesamt wurden sieben Versuchsreihen zur Bestimmung der Bindung von  $H_2S$  an Grillocin durchgeführt. Die einzelnen Versuchsbedingungen werden aus dem Versuchsprotokoll ersichtlich.

a)

- Versuch 1 -

durchgeführt am 10.3.1981

Der Versuch 1 wurde aus zwei Gründen durchgeführt.

Erstens soll die Präzision der Methode ermittelt werden, das betrifft vor allem die reproduzierbare Füllung des Gasreservoirs mit 2 %igem  $H_2S$ -Gasgemisch.

Zweitens soll ein Mittelwert für die Füllung und Messung der Menge an Schwefelwasserstoff gefunden werden. Aus diesen Gründen wurde bei Versuch 1 ohne Tampons gemessen.

I. Zunächst werden zwei Liter SAOB II hergestellt.

II. Anschließend wird ein Wochenstandard aus der Sulfid-Stammlösung angesetzt.

III. Titration des Wochenstandards mit 0,1 M PL  $(ClO_4)_2$ -Lösung.

Die Elektrode dient dabei als Endpunkt-Indikator.

Das Elektrodenpotential wird als Funktion des zugegebenen Titervolumens auf Millimeterpapier aufgetragen. Der Endpunkt ist der Punkt mit der größten Steigung in der Titrationskurve. Die Probenkonzentration vor Verdünnung wird wie folgt errechnet.

$$C_s = (V_t/V_s) \times C_t$$

$C_s$  = Probenkonzentration

$V_t$  = Titer volumen am Endpunkt

$V_s$  = Probenvolumen vor Verdünnung

$C_t$  = Titerkonzentration

25 ml Wochenstandard mit 25 ml SAOB II verdünnt, werden  
titriert (siehe Tab. 21).

| Titervolumen (ml) | Meßwerte (mV) |
|-------------------|---------------|
| 0                 | - 834,9       |
| 1                 | - 833,4       |
| 2                 | - 828,6       |
| 3                 | - 821,7       |
| 4                 | - 809,1       |
| 4,5               | - 802,0       |
| 4,6               | - 800,0       |
| 4,7               | - 796,2       |
| 4,8               | - 789,7       |
| 4,9               | - 768,1       |
| 5,0               | - 690,0       |
| 5,1               | - 632,2       |
| 5,2               | - 630,0       |
| 5,5               | - 618,2       |
| 6,0               | - 608,5       |
| 7,0               | - 594,0       |
| 9,0               | - 591,1       |

Titervolumen am Endpunkt: 5 ml

Konzentration des Wochenstandards  $C_s = (V_t/V_s) \times C_t$

$C_s = (5 \text{ ml}/25 \text{ ml}) \times 0,1 \text{ mol/l} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$

Tab. 21: Titration Wochenstandard vom 10.3.1981 - Meßwerte

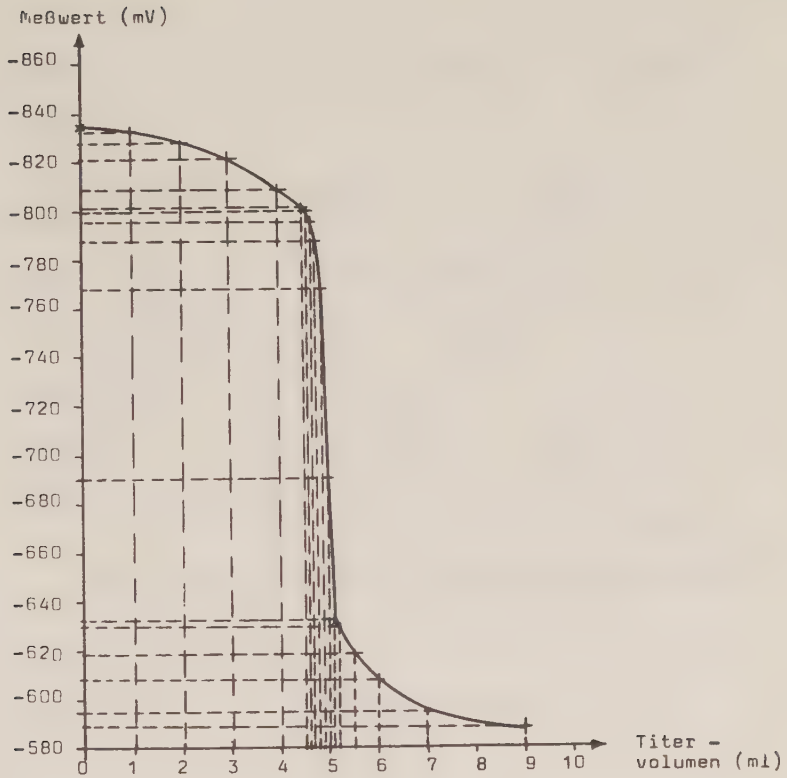


Abb. 36: Titration Wochenstandard vom 10.3.1981

#### IV. Eichung

Vor dem Messen der Absorptionslösungen auf ihren Sulfid-  
gehalt wird eine Eichkurve erstellt. Drei Eichstandards  
zu je 100 ml werden gemessen (siehe Eichkurve Seite 173)

| St.Nr. | $C_{St}$                         | Mw.(mV) | Pot.Diff. | ES.      |
|--------|----------------------------------|---------|-----------|----------|
| 1      | $2 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ | -830,4  |           |          |
| 2      | $2 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ | -802,0  | -28,4 mV  |          |
| 3      | $2 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ | -773,4  | -28,6 mV  | -28,5 mV |

St. Nr. = Nummer des Eichstandards

$C_{St}$  = Sulfidkonzentration des Eichstandards

Mw.(mV) = Meßwert in Millivolt

Pot.Diff. = Differenz des Meßwertes 1 minus 2 bzw.  
2 minus 3

ES. = Elektrodensteilheit aus dem Mittel der  
Potentialdifferenzen

Tab. 22: Meßwerte der Eichlösungen (Versuch 1)

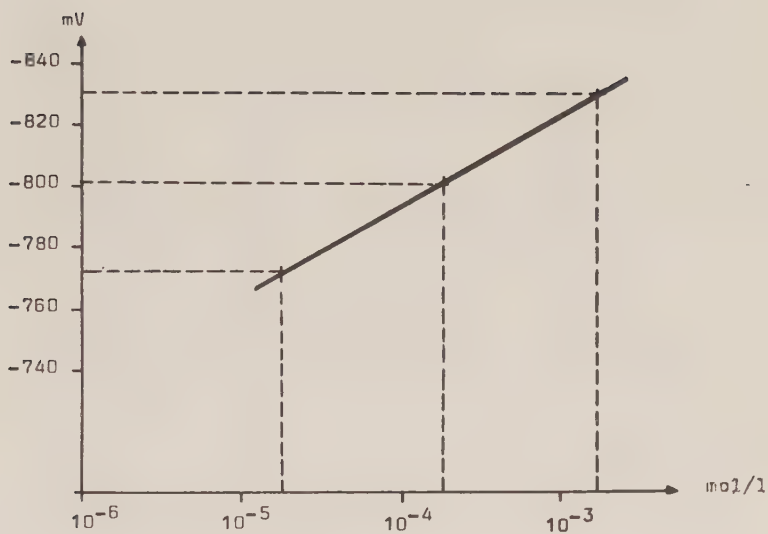


Abb. 37: Eichkurve  $V_1$

V. Messung der Absorptionslösungen

Gasfüllung: 2 ml  $H_2S$ ,  $N_2$  ad 100 ml

Perfusionsdauer: 5 min.

| Lsg.Nr.    | Mw. (mV) | $C_x$ (mol/l $\times 10^{-3}$ ) | $H_2S$ (ml) | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|------------|----------|---------------------------------|-------------|---------------------|
| 1          | -820,0   | 0,86                            | 1,92        | 0,0049              |
| 2          | -819,8   | 0,84                            | 1,88        | 0,0009              |
| 3          | -819,5   | 0,82                            | 1,83        | 0,0004              |
| 4          | -819,4   | 0,82                            | 1,83        | 0,0004              |
| 5          | -819,8   | 0,84                            | 1,88        | 0,0009              |
| 6          | -819,2   | 0,78                            | 1,74        | 0,0121              |
| 7          | -819,4   | 0,82                            | 1,83        | 0,0004              |
| 8          | -819,6   | 0,83                            | 1,85        | 0,0000              |
| 9          | -819,9   | 0,85                            | 1,90        | 0,0025              |
| 10         | -819,8   | 0,84                            | 1,88        | 0,0009              |
| Mittelwert |          | 0,83                            | 1,85        |                     |

Tab. 23: Meßwerte der Absorptionslösungen (Versuch 1)

Lsg. Nr. = Nummer der Absorptionslösung

Mw. (mV) = Meßwert in Millivolt

$C_x$  = Sulfidkonzentration in der Absorptionslösung

$H_2S$  (ml) = Menge an  $H_2S$  in Milliliter

$(x_i - \bar{x})^2$  = Quadrat der Differenz der Einzelwerte vom Mittelwert ( $H_2S$  (ml) ).

Zum Verständnis soll an dieser Stelle ein Beispiel durchgerechnet werden.

- Die Formel für die Berechnung der Sulfidkonzentration in der Absorptionslösung heißt:

$$C_x = C_s \times 10^{\frac{\Delta E}{ES}} \text{ (siehe Seite 162).}$$

Nehmen wir den Meßwert der Lösung Nr. 1: -820,0 mV,

dann ist:  $C_s$  die Konzentration des gemessenen

Eichstandards 1 (hier:  $2 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ ).

$\Delta E$  die Potentialdifferenz von  $C_x - C_s$  (hier: -820,0 mV - (-830,4 mV) = + 10,4 mV).

ES die aus dem Potentialdifferenz der Eichstandards ermittelte Elektrodensteilheit (hier: -28,5 mV).

Nach Einsetzen der bekannten Werte in die Formel ergibt sich also:

$$C_x = 2 \times 10^{-3} \text{ mol/l} \times 10^{\frac{10,4 \text{ mV}}{-28,5 \text{ mV}}} = 0,86 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

Der Wert wird auf zwei Stellen hinter dem Komma berechnet.

- Die Umrechnung in ml  $\text{H}_2\text{S}$  erfolgt nach einem Dreisatz:

$$1 \text{ mol/l } \text{S}^{2-} = 22,4 \text{ l } \text{H}_2\text{S}$$

$$0,86 \times 10^{-3} \text{ mol/l } \text{S}^{2-} = x$$

$$x = \frac{22,4 \text{ l } \text{H}_2\text{S} \times 0,86 \times 10^{-3} \text{ mol/l } \text{S}^{2-}}{1 \text{ mol/l } \text{S}^{2-}}$$

$$= 22,4 \times 0,86 \times 10^{-3} \text{ l } \text{H}_2\text{S}$$

$$= 19,2 \text{ ml } \text{H}_2\text{S}$$

Eine Konzentration von  $0,86 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$  Sulfid entspricht also 19,2 ml  $\text{H}_2\text{S}$  pro Liter Absorptionslösung. Da wir aber statt einem Liter nur 100 ml als Absorptionslösung verwenden, teilen wir diesen Wert durch 10 und erhalten den gesuchten Wert von 1,92 ml  $\text{H}_2\text{S}$  in unserer Absorptionslösung. Nach diesen Formeln wurden die Ergebnisse aller weiteren Versuche berechnet.

## VI. Statistische Auswertung

Das Gasreservoir wurde mit 2 ml  $\text{H}_2\text{S}$  gefüllt. Das entspricht einer Menge von  $0,089 \times 10^{-3}$  mol  $\text{H}_2\text{S}$  oder Sulfid in 100 ml Absorptionslösung (Konzentration  $0,89 \times 10^{-3}$  mol/l!) wenn:

- a) tatsächlich 2 ml  $\text{H}_2\text{S}$  eingespritzt werden
- b) das  $\text{H}_2\text{S}$  - Gas vollständig in der Absorptionslösung absorbiert und als Sulfid gehalten wird.

Zwei Kenngrößen für Versuche jeder Art sind die Richtigkeit, mit der das zu erwartende Ergebnis getroffen wird, und die Präzision, mit der das gemessene Ergebnis erzielt wird. So kann z.B. die Präzision sehr gut sein, weil immer das gleiche Ergebnis bei den Einzelmessungen herauskommt, die Richtigkeit aber zugleich sehr schlecht, weil das gemessene Ergebnis mit dem tatsächlichen Wert nicht übereinstimmt. Als Grenzwert für chemische Versuche gelten für die Richtigkeit eine Abweichung bis zu 10 % für die Präzision bis zu 5 %.

- Richtigkeit

Die Formel für die Abweichung vom richtigen Wert heißt:

$$\frac{|\text{Durchschnittswert minus richtiger Wert}|}{\text{richtiger Wert}} \times 100 \%$$

In unserem Fall

$$\frac{|1,85 \text{ ml} - 2 \text{ ml}|}{2 \text{ ml}} \times 100 \% = \underline{\underline{7,5 \%}}$$

- Präzision

Dazu berechnen wir zunächst die Standardabweichung

$$\text{Standardabweichung } s = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Dabei bedeutet:  $x_i$  die Einzelwerte (ml  $\text{H}_2\text{S}$ )

$\bar{x}$  der Durchschnittswert (ml  $\text{H}_2\text{S}$ )

$n$  die Anzahl der Messungen

$$\text{Daraus folgt: } s = \sqrt{\frac{0,0234}{9}} = \underline{\underline{0,05}}$$

Die Präzision (Variationskoeffizient) berechnen wir nach der Formel:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \%$$

$$V = \frac{0,05}{1,85} \times 100 \% = \underline{\underline{2,7 \%}}$$

Die Präzision der Methode ist hiermit ausreichend. Von dem erhaltenen Mittelwert für die Füllung und den Nachweis von Schwefelwasserstoff wird bei den weiteren Versuchen zur Berechnung der Bindung von  $H_2S$  durch Grilloclin ausgegangen.

b)

- Versuch 2 -

durchgeführt am 17.3.1981

Zum Versuch 1 wurde die Titration des Wochenstandards und die Erstellung der Eichkurve eingehend erläutert und anschaulich dargestellt. Für die weiteren Versuche genügen die protokollierten Meßwerte, auf die graphische Darstellung haben wir verzichtet.

Beim Versuch 2 werden Tampons mit dem Außendurchmesser von 28 mm mit 20 ml Grillocin 2 % getränkt. Die Grillocin-Lösung wird einfach in ein 100 ml Becherglas gefüllt und der Tampon hineingestellt, bis er die ganze Lösung aufgesaugt hat. Zum Vergleich werden drei Tampons mit 20 ml Wasser getränkt und die Absorption gemessen. Der Versuch wird bei vier verschiedenen Perfusionsgeschwindigkeiten mit jeweils drei Tampons durchgeführt.

- I. Es werden 2,5 Liter SAOB II hergestellt.
- II. Ansatz eines frischen Wochenstandards aus der Sulfid-Stammlösung.
- III. Titration des Wochenstandards vom 17.3.1981.

| Titervolumen (ml) | Meßwert (mV) |
|-------------------|--------------|
| 0                 | -820,0       |
| 1                 | -816,7       |
| 2                 | -813,2       |
| 3                 | -809,0       |
| 4                 | -802,4       |
| 5                 | -791,9       |
| 5,5               | -779,5       |
| 5,6               | -767,5       |
| 5,7               | -749,5       |
| 5,8               | -675,5       |
| 5,9               | -641,5       |
| 6,0               | -633,9       |
| 6,5               | -613,0       |
| 7,0               | -603,4       |
| 8,0               | -594,3       |
| 9,0               | -588,8       |
| 10,0              | -583,9       |

Titervolumen am Endpunkt: 5,8 ml

Konzentration des Wochenstandards:

$$C_s = 5,8 \text{ ml} / 25 \text{ ml} \times 0,1 \text{ mol} = 2,32 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Tab. 24: Titration des Wochenstandards vom 17.3.1981  
Meßwerte.

#### IV. Eichung

| St.Nr. | $C_{St}$                            | Mw.(mV) | Pot.Diff. | ES.       |
|--------|-------------------------------------|---------|-----------|-----------|
| 1      | $2,32 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ | -532,0  |           |           |
| 2      | $2,32 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ | -502,3  | -29,7 mV  |           |
| 3      | $2,32 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ | -472,7  | -29,6 mV  | -29,65 mV |

St.Nr. = Nummer des Eichstandards.

$C_{St}$  = Sulfidkonzentration des Eichstandards.

MW. (mV) = Meßwert in Millivolt.

Pot.Diff. = Differenz des Meßwertes 1 minus 2 bzw. 2 minus 3.

ES. = Elektrodenstellheit aus dem Mittel der Potentialdifferenzen.

Tab. 25: Meßwerte der Eichlösungen (Versuch 2)

# V. Messen der Absorptionslösungen

Gasfüllung: 2 ml  $H_2S$ ,  $N_2$  ad 100 ml

Tampon: 51, 28, 8, Tampon 1 - 3 mit 20 ml Wasser,  
aller anderen mit 20 ml Grilloclin 2 % getränkt.

Tamponhalterung: 26 mm Innendurchmesser

| Tp.Nr. | t  | Mw.(mV) | Durchlaß $H_2S$                 |      | Absorption $H_2S$ |      |      |
|--------|----|---------|---------------------------------|------|-------------------|------|------|
|        |    |         | $C_x$ (mol/l $\times 10^{-3}$ ) | (ml) | (ml)              | %    | Ø %  |
| 1      | 5  | -516,7  | 0,707                           | 1,58 | 0,27              | 14,5 |      |
| 2      | 5  | -516,0  | 0,669                           | 1,49 | 0,36              | 19,4 | 15,8 |
| 3      | 5  | -516,9  | 0,718                           | 1,60 | 0,25              | 13,5 |      |
| 4      | 5  | -509,4  | 0,401                           | 0,89 | 0,96              | 51,8 |      |
| 5      | 5  | -511,9  | 0,487                           | 1,09 | 0,76              | 41,0 | 47,6 |
| 6      | 5  | -509,8  | 0,413                           | 0,92 | 0,93              | 50,2 |      |
| 7      | 10 | -508,4  | 0,371                           | 0,83 | 1,02              | 55,1 |      |
| 8      | 10 | -508,1  | 0,362                           | 0,81 | 1,04              | 56,2 | 55,6 |
| 9      | 10 | -508,3  | 0,368                           | 0,82 | 1,03              | 55,6 |      |
| 10     | 25 | -492,4  | 0,107                           | 0,23 | 1,62              | 87,5 |      |
| 11     | 25 | -492,2  | 0,105                           | 0,23 | 1,62              | 87,5 | 87,5 |
| 12     | 25 | -492,2  | 0,105                           | 0,23 | 1,62              | 87,5 |      |
| 13     | 50 | -482,2  | 0,048                           | 0,10 | 1,75              | 94,5 |      |
| 14     | 50 | -482,0  | 0,047                           | 0,10 | 1,75              | 94,5 | 94,5 |
| 15     | 50 | -482,3  | 0,048                           | 0,10 | 1,75              | 94,5 |      |

Tab. 26: Meßwerte der Absorptionslösungen (Versuch 2)  
Erklärung der Abkürzungen siehe nächste Seite.

|                      |   |                                                                                                            |
|----------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tp. Nr.              | = | Tamponnummer                                                                                               |
| t                    | = | Perfusionsdauer in Minuten/100 ml.                                                                         |
| Mw (mV)              | = | Meßwert in Millivolt                                                                                       |
| Durchlaß $H_2S$      | = | Sulfidkonzentration ( $C_x$ ) in der<br>Absorptionslösung und entsprechende Menge<br>$H_2S$ in Milliliter. |
| Absorption<br>$H_2S$ | = | vom Tampon absorbierte Menge $H_2S$<br>in Milliliter und Prozent der Füllmenge.                            |

Die Bindung von  $H_2S$  wird wie folgt berechnet:

Die in der Absorptionslösung enthaltene Menge an ml  $H_2S$  (Durchlaß  $H_2S$ ) wird von der Menge abgezogen, die nach den Ergebnissen von Versuch 1 in der Absorptionslösung enthalten sein müßte (im Durchschnitt 1,85 ml).

Beispiel:

Durch Tampon 1 diffundieren 1,58 ml  $H_2S$

$$1,85 \text{ ml} - 1,58 \text{ ml} = 0,27 \text{ ml}$$

0,27 ml blieben also von 1,85 ml im Tampon zurück.

Das sind 14,5 % der Gesamtmenge von 1,85 ml.

Bemerkung:

Die mit Wasser (ohne Grillocin) getränkten Tampons geben nach der Entfernung aus der Halterung einen üblen Geruch von sich, eben den typischen Schwefelwasserstoffgeruch nach faulen Eiern. Die mit Grillocin 2 % getränkten Tampons dagegen sind alle geruchsneutral.

c)

- Versuch 3 -

durchgeführt am 18.3.1981

Beim Versuch 3 werden zum Vergleich die Tampons 51, 30, 8 gemessen. Der Außendurchmesser beträgt demnach 30 mm. Entsprechend ihrem größeren Volumen wurden die Tampons mit 23 ml Grillocin 2 % getränkt.

I. Es werden zwei Liter SAOB II hergestellt.

II. Als Wochenstandard dient der vom 17.3.1981 (Versuch 2) mit einer Sulfidkonzentration von  $2,32 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$

III. Eichung

| St.Nr. | $C_{St}$                            | Mw.(mV) | Pot.Diff. | ES.     |
|--------|-------------------------------------|---------|-----------|---------|
| 1      | $2,32 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ | -557,8  |           |         |
| 2      | $2,32 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ | -528,5  | -29,3mV   | 29,05mV |
| 3      | $2,32 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ | -499,7  | -28,8mV   |         |

St.Nr. = Nummer des Eichstandards.

$C_{St}$  = Sulfidkonzentration des Eichstandards.

Mw.(mV) = Meßwert in Millivolt.

Pot.Diff. = Differenz des Meßwertes 1 minus 2 bzw. 2 minus 3.

ES. = Elektrodensteilheit aus dem Mittel der Potentialdifferenzen.

Tab. 27: Meßwerte der Eichlösungen (Versuch 3)

#### IV. Messen der Absorptionslösungen

Gasfüllung: 2 ml  $H_2S$ ,  $N_2$  ad 100 ml

Tampons: 51, 30, 8, mit 23 ml Grilloclin 2 % getränkt

Tamponhalterung 28 mm Innendurchmesser

| Tp.Nr. | t  | Mw.(mV) | Durchlaß $H_2S$                 |      | Absorption $H_2S$ |      |      |
|--------|----|---------|---------------------------------|------|-------------------|------|------|
|        |    |         | $C_x$ (mol/l $\times 10^{-3}$ ) | (ml) | (ml)              | %    | Ø %  |
| 1      | 5  | -535,5  | 0,396                           | 0,88 | 0,97              | 52,4 |      |
| 2      | 5  | -535,1  | 0,383                           | 0,85 | 1,00              | 54,0 | 52,5 |
| 3      | 5  | -535,8  | 0,405                           | 0,90 | 0,95              | 51,3 |      |
| 4      | 10 | -534,2  | 0,357                           | 0,79 | 1,06              | 57,2 |      |
| 5      | 10 | -534,0  | 0,351                           | 0,78 | 1,07              | 57,8 | 57,8 |
| 6      | 10 | -533,8  | 0,346                           | 0,77 | 1,08              | 58,3 |      |
| 7      | 25 | -518,0  | 0,098                           | 0,21 | 1,64              | 88,6 |      |
| 8      | 25 | -518,2  | 0,100                           | 0,22 | 1,63              | 88,1 | 88,4 |
| 9      | 25 | -517,7  | 0,096                           | 0,21 | 1,64              | 88,6 |      |
| 10     | 50 | -508,7  | 0,047                           | 0,10 | 1,75              | 94,5 |      |
| 11     | 50 | -508,2  | 0,045                           | 0,10 | 1,75              | 94,5 | 94,7 |
| 12     | 50 | -508,0  | 0,044                           | 0,09 | 1,76              | 95,1 |      |

Tab. 28: Meßwerte der Absorptionslösungen (Versuch 3)

Erklärung der Abkürzungen siehe nächste Seite.

|                   |   |                                                                                                      |
|-------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tp.Nr.            | = | Tamponnummer.                                                                                        |
| t                 | = | Perfusionsdauer in Minuten / 100 ml.                                                                 |
| Mw.(mV)           | = | Meßwert in Millivolt                                                                                 |
| Durchlaß $H_2S$   | = | Sulfidkonzentration ( $C_x$ ) in der Absorptionslösung und entsprechende Menge $H_2S$ in Milliliter. |
| Absorption $H_2S$ | = | vom Tampon absorbierte Menge $H_2S$ in Milliliter und Prozent der Füllmenge.                         |

d)

- Versuch 4 -

durchgeführt am 19.3.1981

Versuch 4 wurde wie Versuch 3 durchgeführt. Aber es wurden die Tampons 51, 32, 8, also mit 32 mm Außendurchmesser zum Vergleich gemessen. Sie wurden entsprechend ihrem Volumen mit 26 ml Grilloclin 2 % getränkt.

I. Es werden zwei Liter SAOB II hergestellt.

II. Als Wochenstandard dient der vom 17.3.1981 mit einer Sulfidkonzentration von  $2,32 \times 10^{-2}$  mol/l.

III. Eichung

| St.Nr. | $C_{St}$                    | Mw.(mV) | Pot.Diff. | ES.     |
|--------|-----------------------------|---------|-----------|---------|
| 1      | $2,32 \times 10^{-3}$ mol/l | -547,0  |           |         |
| 2      | $2,32 \times 10^{-4}$ mol/l | -517,8  | -29,2mV   |         |
| 3      | $2,32 \times 10^{-5}$ mol/l | -488,6  | -29,2mV   | -29,2mV |

St.Nr. = Nummer des Eichstandards.

$C_{St}$  = Sulfidkonzentration des Eichstandards.

Mw.(mV) = Meßwert in Millivolt.

Pot.Diff. = Differenz des Meßwertes 1 minus 2 bzw. 2 minus 3.

ES. = Elektrodensteilheit aus dem Mittel der Potentialdifferenzen.

Tab. 29: Meßwerte der Eichlösungen (Versuch 4)

#### IV. Messen der Absorptionslösungen

Gasfüllung: 2 ml  $H_2S$ ,  $N_2$  ad 100 ml.

Tampons: 51, 32, 8, mit 26 ml Grilloclin 2 % getränkt

Tamponhalterung: 30 mm Innendurchmesser

| Tp.Nr. | t  | Mw.(mV) | Durchlaß $H_2S$                 |      | Absorption $H_2S$ |      |      |
|--------|----|---------|---------------------------------|------|-------------------|------|------|
|        |    |         | $C_x$ (mol/l $\times 10^{-3}$ ) | (ml) | (ml)              | %    | Ø %  |
| 1      | 5  | -524,7  | 0,399                           | 0,89 | 0,96              | 51,8 |      |
| 2      | 5  | -523,8  | 0,372                           | 0,83 | 1,02              | 55,1 | 53,6 |
| 3      | 5  | -524,1  | 0,381                           | 0,85 | 1,00              | 54,0 |      |
| 4      | 10 | -523,0  | 0,349                           | 0,78 | 1,07              | 57,8 |      |
| 5      | 10 | -523,1  | 0,352                           | 0,78 | 1,07              | 57,8 | 58,1 |
| 6      | 10 | -522,7  | 0,341                           | 0,76 | 1,09              | 58,9 |      |
| 7      | 25 | -506,7  | 0,096                           | 0,21 | 1,64              | 88,6 |      |
| 8      | 25 | -506,2  | 0,092                           | 0,20 | 1,65              | 89,1 | 88,9 |
| 9      | 25 | -506,1  | 0,092                           | 0,20 | 1,65              | 89,1 |      |
| 10     | 50 | -497,0  | 0,044                           | 0,09 | 1,76              | 95,1 |      |
| 11     | 50 | -496,6  | 0,043                           | 0,09 | 1,76              | 95,1 | 95,1 |
| 12     | 50 | -496,6  | 0,043                           | 0,09 | 1,76              | 95,1 |      |

Tab. 30: Meßwerte der Absorptionslösungen (Versuch 4)  
Erklärung der Abkürzungen siehe nächste Seite.

- Tp.Nr. = Tamponnummer.
- t = Perfusionsdauer in Minuten / 100 ml.
- Mw.(mV) = Meßwert in Millivolt
- Durchlaß  $H_2S$  = Sulfidkonzentration ( $C_x$ ) in der Absorptionslösung und entsprechende Menge  $H_2S$  in Milliliter.
- Absorption  $H_2S$  = vom Tampon absorbierte Menge  $H_2S$  in Milliliter und Prozent der Füllmenge.

#### e) Zwischenergebnisse

Bei den Versuchen 2, 3 und 4 wurden die drei verschiedenen Tampongrößen unter gleichen Bedingungen gemessen. Die Tampons wurden entsprechend ihrem Volumen mit 20, 23 und 26 ml Grillocinlösung 2 % getränkt. Dabei stellt sich folgendes heraus (siehe Abb. 38):

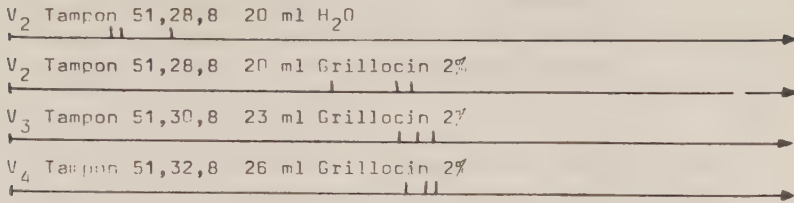
- Im wassergetränkten Tampon (ohne Grillocin) wird nur eine geringe Menge  $H_2S$  zurückgehalten. Der Tampon selbst riecht nach dem Versuch sehr übel. Dem gegenüber sind alle grillocidhaltigen Tampons nach den Versuchen geruchsneutral.
- Zwischen den einzelnen Tampongrößen besteht kein merklicher Unterschied in der Bindung von Schwefelwasserstoff.

- Es besteht aber ein deutlicher quantitativer Unterschied in Abhängigkeit von der Perfusionsdauer. Die Absorption beträgt für alle Tampons bei 5 min/100 ml Perfusionsdauer ca. 50 %. Bei der längsten Perfusionsdauer von 50 min/100 ml finden wir eine Absorption von ca. 95 %.

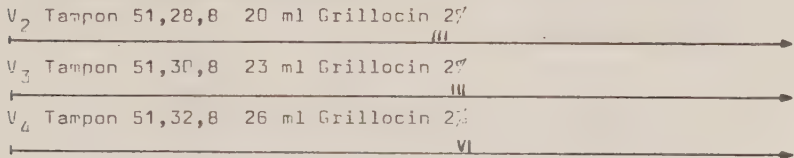
Dazu ist zu bemerken, daß bei einer Darmgasproduktion von täglich ca. 400 - 1200 ml die "Perfusion pro Stunde" durch den Analtampon beim Menschen wesentlich geringer ist, als die bei unserem Versuch durchgeführte langsamste Geschwindigkeit. Das heißt, beim Patienten ist eine bessere Bindung von  $H_2S$  an dem imprägnierten Tampon zu erwarten.

Für die weiteren Versuche benützen wir wegen dieser Ergebnisse nur noch eine Tamponggröße, und zwar diejenige, die etwas weniger gute Ergebnisse bietet. Es handelt sich um die Größe 51, 28, 8, also den Tampon mit 28 mm Außendurchmesser.

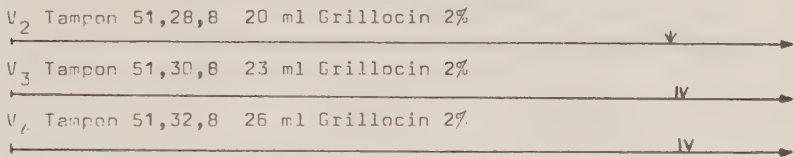
Perfusionsdauer 5 min/100 ml :



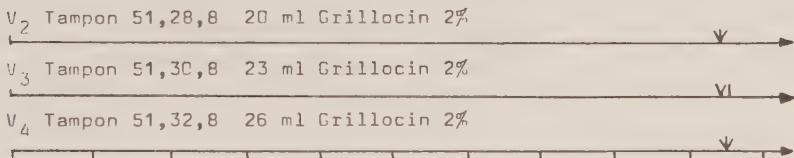
Perfusionsdauer 10 min/100 ml :



Perfusionsdauer 25 min/100 ml :



Perfusionsdauer 50 min/100 ml :



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 (%)  
Rindner 11.1

Abb. 38: Zwischenergebnisse V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> und V<sub>4</sub>

f)                    - Versuch 5 -

durchgeführt am 23.3.1981

Versuch 5 soll zeigen, ob die Verwendung einer 4 %igen Grillocin-Lösung noch bessere Resultate bringen kann. Gemessen wurden die Tampons 51, 28, 8, getränkt mit 20 ml Grillocin 4 %.

- I.     Es werden 2,5 Liter SAOB II hergestellt.
- II.    Ansatz eines frischen Wochenstandards aus der Sulfid-Stammlösung.
- III.   Titration des Wochenstandards.

| Titervolumen (ml) | Meßwert (mV) |
|-------------------|--------------|
| 0                 | -712,0       |
| 1                 | -709,3       |
| 2                 | -705,3       |
| 3                 | -700,4       |
| 4                 | -693,3       |
| 5                 | -674,5       |
| 5,3               | -660,1       |
| 5,5               | -610,8       |
| 5,6               | -592,0       |
| 5,7               | -560,9       |
| 5,8               | -495,6       |
| 5,9               | -487,9       |
| 6,0               | -484,8       |
| 6,5               | -468,7       |
| 7                 | -462,3       |
| 8                 | -454,6       |
| 9                 | -449,6       |
| 10                | -446,1       |

Titervolumen am Endpunkt: 5,8 ml

Konzentration des Wochenstandards:

$$C_s = 5,8 \text{ ml} / 25 \text{ ml} \times 0,1 \text{ mol} = 2,32 \times 10^{-2} \text{ mol/l.}$$

Tab. 31: Titration des Wochenstandards vom 23.3.1981

- Meßwerte

#### IV. Eichung

| St.Nr. | $C_{St}$                            | Mw. (mV) | Pot. Diff. | ES.    |
|--------|-------------------------------------|----------|------------|--------|
| 1      | $2,32 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ | -622,6   | -28,4mV    |        |
| 2      | $2,32 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ | -594,2   | -28,4mV    | 28,4mV |
| 3      | $2,32 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ | -565,8   |            |        |

St.Nr. = Nummer des Eichstandards.

$C_{St}$  = Sulfidkonzentration des Eichstandards.

MW. (mV) = Meßwert in Millivolt.

Pot. Diff. = Differenz des Meßwertes 1 minus 2 bzw.  
2 minus 3.

ES. = Elektrodensteilheit aus dem Mittel der  
Potentialdifferenzen.

Tab. 32: Meßwerte der Eichlösungen (Versuch 5)

# V. Messen der Absorptionslösungen

Gasfüllung: 2 ml  $H_2S$ ,  $N_2$  ad 100 ml.

Tampons: 51, 28, 8, mit 20 ml Grilloclin 4 % getränkt.

Tamponhalterung: 26 mm Innendurchmesser.

| Tp.Nr. | t  | Mw.(mV) | Durchlaß $H_2S$                 |      | Absorption $H_2S$ |      |      |
|--------|----|---------|---------------------------------|------|-------------------|------|------|
|        |    |         | $C_x$ (mol/l $\times 10^{-3}$ ) | (ml) | (ml)              | %    | Ø %  |
| 1      | 5  | -582,0  | 0,086                           | 0,19 | 1,66              | 89,7 |      |
| 2      | 5  | -581,7  | 0,084                           | 0,18 | 1,67              | 90,2 | 89,6 |
| 3      | 5  | -582,7  | 0,091                           | 0,20 | 1,65              | 89,1 |      |
| 4      | 10 | -580,5  | 0,076                           | 0,17 | 1,68              | 90,8 |      |
| 5      | 10 | -580,2  | 0,074                           | 0,16 | 1,69              | 91,3 | 90,9 |
| 6      | 10 | -580,9  | 0,078                           | 0,17 | 1,68              | 90,8 |      |
| 7      | 25 | -576,8  | 0,056                           | 0,12 | 1,73              | 93,5 |      |
| 8      | 25 | -577,0  | 0,057                           | 0,12 | 1,73              | 93,5 | 93,5 |
| 9      | 25 | -576,8  | 0,056                           | 0,12 | 1,73              | 93,5 |      |
| 10     | 50 | -574,4  | 0,046                           | 0,10 | 1,75              | 94,5 |      |
| 11     | 50 | -573,8  | 0,044                           | 0,09 | 1,76              | 95,1 | 94,9 |
| 12     | 50 | -573,0  | 0,041                           | 0,09 | 1,76              | 95,1 |      |

Tp. Nr. = Tamponnummer.

t = Perfusionsdauer in Minuten/100 ml.

Mw(mV) = Meßwert in Millivolt

Durchlaß  $H_2S$  = Sulfidkonzentration ( $C_x$ ) in der Absorptionslösung und entsprechende Menge  $H_2S$  in Milliliter.

Absorption  $H_2S$  = vom Tampon absorbierte Menge  $H_2S$  in Milliliter und Prozent der Füllmenge.

Tab. 33: Meßwerte der Absorptionslösungen (Versuch 5)

g) Zwischenergebnisse

Aus Versuch 5 können wir folgende Erkenntnisse ableiten:

(siehe Abb. 39)

- Die Absorption von  $H_2S$  verbessert sich durch die Verwendung von Grilloclin 4 % bei den langsamen Perfusionen von 25 min und 50 min Dauer kaum gegenüber der 2 %igen Grilloclin-Lösung.
- Bei schnellen Perfusionen von 5 min und 10 min Dauer verbessert sich die Absorption von  $H_2S$  auf fast 90 % mit Grilloclin 4 % (gegenüber 50 % Absorption mit Grilloclin 2 %).
- Zwischen den verschiedenen Perfusionsgeschwindigkeiten sind bei der 4 %igen Grilloclin-Lösung sehr geringe Unterschiede. Die Absorption beträgt bei allen Perfusionsgeschwindigkeiten ca. 90 %.

Da die Absorption bei hohen Perfusionsgeschwindigkeiten (= geringe Perfusionsdauer) mit der 4 %igen Grilloclin-Lösung besser ist als mit der 2 %igen Lösung, verwenden wir für unseren nächsten Versuch die 4 %ige Lösung.

Hohe Perfusionsgeschwindigkeiten kommen bei Analtampon-träger zum Beispiel beim Betätigen der Bauchpresse durch Husten, Niesen oder Heben von Lasten vor. Das im Enddarm befindliche Gas wird durch den gesteigerten intra-

abdominellen Druck durch den Tampon gedrückt.

Deswegen scheint uns die 4 %ige Grillocin-Lösung mit Ihrer sehr guten Absorption von  $H_2S$ , vor allem auch bei schnellerer Gasperfusion geeigneter.

Bei den graphisch dargestellten Absorptionen handelt es sich um die gleiche Tampon-Größe 51,28,8 aus Versuch zwei und Versuch fünf. Sie waren mit 20 ml Grillocin 2% ( $V_2$ ) oder 4% ( $V_5$ ) getränkt.

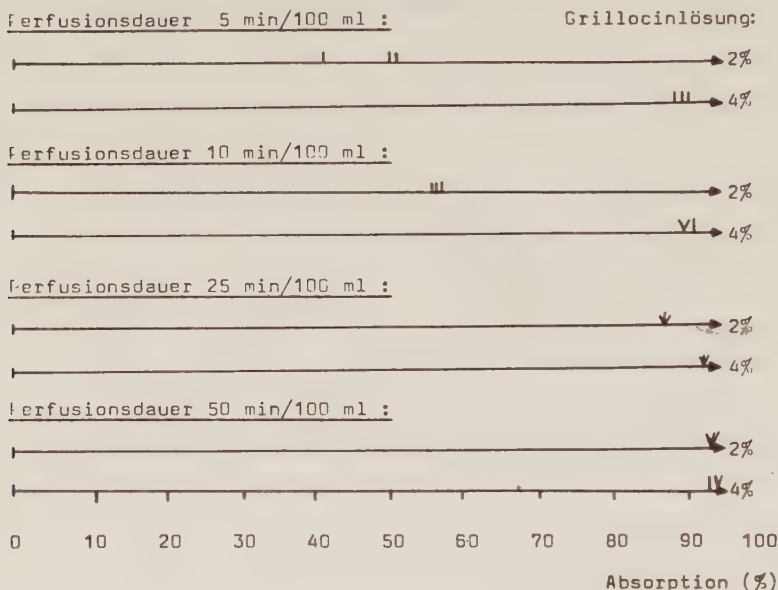


Abb. 39: Zwischenergebnisse  $V_5$

h)

- Versuch 6 und 7 -

durchgeführt am 24.3.1981

Bei den letzten beiden Versuchen geht es um die Frage, wie die Grillocin-Lösung 4 % vom Patienten optimal gehandhabt werden kann. Entscheidend neben der Einfachheit des Verfahrens für den Gebrauch von Grillocin ist auch die größtmögliche Wirksamkeit der präparierten Tampons. Dabei ist zu bedenken, daß die Vorversuche mit flüssigkeitsgesättigten Tampons durchgeführt wurden, um standardisierte und vergleichende Meßbedingungen zu schaffen. In der Praxis kann natürlich ein dermaßen getränkter Tampon nicht verwendet werden, weil er einfach zu naß ist. Das bis jetzt übliche Verfahren besteht darin, den im trockenen Zustand harten Tampon mit  $H_2O$  1 - 2 Minuten zu hydrieren und dann auszudrücken. Der Tampon wird dadurch weich und enthält nur noch eine kleine Flüssigkeitsmenge. Durch Wiegen der Tampons stellten wir fest, daß im Durchschnitt 3,5 - 4,0 ml Flüssigkeit im gebrauchsfertigen Tampon zurückbleiben. Wir wollten wissen, ob diese Menge an grillocinhaltiger Lösung 4 % noch für eine genügende Absorption ausreicht.

- Versuch 6 -

Gemessen werden zehn Tampons 51, 28, 8. Sie werden unmittelbar vor der jeweiligen Versuchsdurchführung zwei Minuten in Grillocin-Lösung 4 % getaucht und einmal kräftig ausgedrückt. Die Perfusionsdauer beträgt bei allen Tampons 10 min/100 ml.

- I. Es werden drei Liter SAOB II hergestellt.
- II. Als Wochenstandard dient der vom 23.3.1981 mit einer Sulfidkonzentration von  $2,32 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ .
- III. Eichung

| St.Nr. | $C_{St}$                            | Mw.(mV) | Pot.Diff. | ES.     |
|--------|-------------------------------------|---------|-----------|---------|
| 1      | $2,32 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ | -627,0  |           |         |
| 2      | $2,32 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ | -598,3  | 28,7mV    | -28,6mV |
| 3      | $2,32 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ | -569,8  | 28,5mV    |         |

St.Nr. = Nummer des Eichstandards.

$C_{St}$  = Sulfidkonzentration des Eichstandards.

Mw.(mV) = Meßwert in Millivolt.

Pot.Diff. = Differenz des Meßwertes 1 minus 2 bzw.  
2 minus 3.

ES. = Elektrodenstellheit aus dem Mittel der  
Potentialdifferenzen.

Tab. 34: Meßwerte der Eichlösungen (Versuch 6)

#### IV. Messen der Absorptionslösungen

Gasfüllung: 2 ml  $H_2S$ ,  $N_2$  ad 100 ml

Tampons: 51, 28, 8, zwei Minuten in Grilloclin

4 % getaucht, dann ausgedrückt.

Tamponhalterung: 26 mm Innendurchmesser.

| Tp.Nr. | t  | Mw.(mV) | Durchlaß $H_2S$                 |       | Absorption $H_2S$ |   |      |
|--------|----|---------|---------------------------------|-------|-------------------|---|------|
|        |    |         | $C_x$ (mol/l $\times 10^{-3}$ ) | (ml)  | (ml)              | % | Ø %  |
| 1      | 10 | -547,1  | 0,0037                          | 0,008 |                   |   |      |
| 2      | 10 | -544,5  | 0,0030                          | 0,006 |                   |   |      |
| 3      | 10 | -553,9  | 0,0065                          | 0,014 |                   |   |      |
| 4      | 10 | -541,0  | 0,0022                          | 0,004 |                   |   |      |
| 5      | 10 | -554,8  | 0,0069                          | 0,015 |                   |   | ca.  |
| 6      | 10 | -547,9  | 0,0039                          | 0,008 |                   |   | 99 % |
| 7      | 10 | -539,7  | 0,0020                          | 0,004 |                   |   |      |
| 8      | 10 | -550,6  | 0,0049                          | 0,010 |                   |   |      |
| 9      | 10 | -558,2  | 0,0091                          | 0,020 |                   |   |      |
| 10     | 10 | -544,9  | 0,0031                          | 0,006 |                   |   |      |

Tp. Nr. = Tamponnummer.

t = Perfusionsdauer in Minuten/100 ml.

Mw.(mV) = Meßwert in Millivolt

Durchlaß  $H_2S$  = Sulfidkonzentration ( $C_x$ ) in der Absorptionslösung und entsprechende Menge  $H_2S$  in Milliliter.

Absorption  $H_2S$  = vom Tampon absorbierte Menge  $H_2S$  in Milliliter und Prozent der Füllmenge.

Tab. 35: Meßwerte der Absorptionslösungen (Versuch 6)

Das Ergebnis der Messungen ist überraschend: In den Absorptionslösungen werden nur noch Spuren von Schwefelwasserstoff gefunden, von  $2,2 \times 10^{-6}$  mol/l bis  $9,1 \times 10^{-6}$  mol/l. Das sind Werte, die zum Teil schon unter der Riechschwelle (ca.  $3,1 \times 10^{-6}$  mol/l) liegen.

Auf eine Berechnung der absorbierten Menge  $H_2S$  in den Tampons verzichteten wir, da allein die Schwankungen um den in Versuch 1 erhaltenen Mittelwert der Füllmenge (1,85 ml) bis zu 0,11 ml betragen und damit das 6 - bis 27fache der durchgelassenen Mengen in Versuch 6 darstellen. Auf jeden Fall finden wir eine Verminderung der Konzentration in der Absorptionslösung von  $8,3 \times 10^{-4}$  mol/l, ohne Tampon (Versuch 1) bis maximal  $9,1 \times 10^{-6}$  mol/l (Versuch 6) mit grilllocinhaltigem Tampon. Die durchgelassene Menge verringert sich also um zwei Dekaden, das entspricht einer Absorption von ca. 99 % durch den Tampon. Das an sich auch von uns nicht erwartete Ergebnis, läßt sich aber durch folgende Überlegungen erklären.

Der Tampon besteht aus porösem Material mit sehr vielen winzigen Hohlräumen. Bei den vorhergehenden Versuchen waren diese Hohlräume durch Flüssigkeit verlegt, das diffundierende Gas konnte sich im Tampon nicht ausbreiten.

Wird der Tampon ausgedrückt, so daß er lediglich gut feucht ist, bleiben die kleinen Luftkammern frei. Das Gas verteilt sich darin und hat nun eine sehr große Oberfläche zur Ver-

fügung, nämlich die Wandungen der Hohlräume, um mit dem Grillocin zu reagieren. Dieser Vorgang ähnelt der Situation beim Gasaustausch in den Alveolen der Lunge. Daher ist die quantitativ optimale Absorption von  $H_2S$  durch die Tampons im Versuch 6 verständlich.

- Versuch 7 -

Versuch 7 wurde am gleichen Tag wie Versuch 6 ausgeführt. Wochenstandard und Eichung blieben deshalb gleich.

Die Tampons für Versuch 7 haben wir 3 Tage vorher für zwei Minuten in Grillocin-Lösung 4 % getaucht und ohne sie auszudrücken an der Luft trocknen lassen. Die trockenen, harten Tampons sind auf diese Weise mit Grillocin bereits "beimpft". Unmittelbar vor dem Versuch verfahren wir mit dem Tampon wie bisher üblich.

Unter dem Wasserhahn wird der Tampon zwei Minuten, ohne ihn zu drücken, aufgeweicht. Das überschüssige Wasser wird durch einmaliges kräftiges Ausdrücken entfernt.

# I. Messen der Absorptionslösungen

Gasfüllung: 2 ml  $H_2S$ ,  $N_2$  ad 100 ml.

Tampons: 51, 28, 8, zwei Minuten in Grilloclin 4 % getaucht und getrocknet, vor dem Versuch aufgeweicht und ausgedrückt.

Tamponhalterung: 26 mm Innendurchmesser.

| Tp.Nr. | t  | Mw.(mV) | Durchlaß $H_2S$                 |       | Absorption $H_2S$ |      |
|--------|----|---------|---------------------------------|-------|-------------------|------|
|        |    |         | $C_x$ (mol/l $\times 10^{-3}$ ) | (ml)  | (ml)              | Ø %  |
| 1      | 10 | -550,7  | 0,0049                          | 0,010 |                   |      |
| 2      | 10 | -532,2  | 0,0011                          | 0,002 |                   |      |
| 3      | 10 | -532,6  | 0,0011                          | 0,002 |                   |      |
| 4      | 10 | -543,1  | 0,0027                          | 0,006 |                   |      |
| 5      | 10 | -541,0  | 0,0022                          | 0,004 |                   | ca.  |
| 6      | 10 | -549,8  | 0,0046                          | 0,010 |                   | 99 % |
| 7      | 10 | -538,7  | 0,0018                          | 0,004 |                   |      |
| 8      | 10 | -552,6  | 0,0058                          | 0,012 |                   |      |
| 9      | 10 | -540,0  | 0,0021                          | 0,004 |                   |      |
| 10     | 10 | -543,9  | 0,0028                          | 0,006 |                   |      |

Tp.Nr. = Tamponnummer

t = Perfusionsdauer

Mw.(mV) = Meßwert in Millivolt

Durchlaß  $H_2S$  = Sulfidkonzentration ( $C_x$ ) in der Absorptionslösung und entsprechende Menge  $H_2S$  in Milliliter.

Absorption  $H_2S$  = vom Tampon absorbierte Menge  $H_2S$  in Milliliter und Prozent der Füllmenge.

Tab. 36: Meßwerte der Absorptionslösungen (Versuch 7)

Bei diesem Versuch beobachten wir den gleichen Effekt, wie bei Versuch 6. Die durchgelassene Menge verringerte sich um zwei Konzentrationsdekaden. Die Absorption von  $H_2S$  beträgt also ebenfalls ca. 99 %.

Das Interessante am Ergebnis ist die Feststellung, daß sich zwischen den zwei verschiedenen Möglichkeiten, den Tampon mit Grillocin zu präparieren, kein relevanter Unterschied in Bezug auf die Wirksamkeit ergibt.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Im Hinblick auf die Fragestellung, die uns zur Durchführung der Versuche führte, können wir zusammenfassend folgende Ergebnisse festhalten.

1. Zwischen den in Frage kommenden Tamponggrößen bestehen keine relevanten Unterschiede. Die Versuche 2, 3 und 4 zeigen, daß auch die kleineren Tampons genügend Schwefelwasserstoff binden können.
2. Im Gegensatz zu den mit 2 %iger Grillocin-Lösung getränkten Tampons (Tampons flüssigkeitsgesättigt, nicht ausgedrückt) bestehen bei den mit 4 %iger Grillocin-Lösung getränkten Tampons kaum Unterschiede zwischen der  $H_2S$ -Absorption bei den verschiedenen Perfusionsgeschwindigkeiten. Schon bei einem Gasdurchtritt von 100 ml/5 min (= 0,33 ml/sec = eine hohe Perfusionsgeschwindigkeit) erreichen die mit 4 %iger Lösung getränkten Tampons eine  $H_2S$ -Absorption von ca. 90 %.  
Aus diesem Grund empfehlen wir die Verwendung der wässrigen Grillocin-Lösung HY - 77 4 %.
3. Bezüglich der praktischen Anwendung des geruchlöschenden Wirkstoffes durch den Patienten haben wir zwei Möglichkeiten untersucht:
  - a) der unbehandelte Tampon wird unmittelbar vor dem Gebrauch mit 4 %iger Grillocin-Lösung getränkt und einmal kräftig ausgedrückt

- b) der Tampon enthält durch eine Vorimprägnation den Wirkstoff Grilloclin im getrockneten Zustand und kann durch Rehydratation mit normalem Wasser gebrauchsfertig gemacht werden.

Unsere Messungen ergaben, daß beide der oben geschilderten Verfahren zur Tamponimprägnation eine  $H_2S$ -Absorption von ca. 99 % gewährleisten.

Es erscheint uns günstiger, den Patienten bereits präparierte Tampons, die den Wirkstoff in getrockneter Form enthalten, zur Verfügung zu stellen. Diese kann der Patient mit sich führen und jederzeit bei Bedarf verwenden. Die Handhabung bleibt die gleiche wie bisher: 1 - 2 Minuten rehydrieren und einmal kräftig ausdrücken.

4. Wichtig ist auch die Tatsache, daß die Tampons, nachdem sie praktisch die gesamte Menge Schwefelwasserstoff absorbiert haben, völlig geruchsneutral sind. Nur mit Wasser befeuchtete, nicht mit Grilloclin imprägnierte Tampons geben den unangenehmen Geruch ständig an ihre Umgebung ab.

5. Schließlich muß in die Beurteilung der Absorptionsfähigkeit riechender Gase durch Grilloclin die Überlegung miteingehen, daß wir bei unseren Versuchen mit etwa der doppelten Konzentration an geruchsbildenden Gas gearbeitet haben. Genauer gesagt mit durchschnittlich 1,85 Vol.% gegenüber maximal 1 % im menschlichen Darmgas.

Aufgrund der Ergebnisse unserer experimentellen Untersuchungen sind wir der Meinung, daß der Einsatz von Grilloclin<sup>R</sup> eine wesentliche Besserung der Geruchsbelästigung bei Anal-tamponträgern schafft.

Somit trägt der geruchslöschende Wirkstoff entscheidend zur Verbesserung des Wohlbefindens der Patienten bei und bedeutet eine Verbesserung und Weiterentwicklung bei der Behandlung der Inkontinenz durch den künstlichen Endarmverschluß.

## VIII. ZUSAMMENFASSUNG

---

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in drei Hauptteile:

- Zunächst werden die anatomischen und physiologischen Grundlagen der normalen Kontinenzfunktion aufgezeigt, soweit sie nach dem heutigen Stand der Forschung bekannt sind. Die wichtigsten Ursachen der analen Inkontinenz und diagnostische Wege zur Beurteilung der Kontinenzlage werden beschrieben.
- Im zweiten Abschnitt werden nach einem chronologischen Aufriß der Operationsmethoden zur Behebung der Inkontinenz vier Operationstechniken eingehend erläutert. Des weiteren bringt dieser Teil eine Zusammenstellung der Ergebnisse dieser Methoden.
- Der dritte Abschnitt handelt von der Operation zur Abdichtung des Darmes mit einem künstlichen Enddarmverschluß. Dieses System besteht aus einem implantierbaren Magnetring-system und einem Analtampon. Es wird hinsichtlich der Konstruktion, des Materials und der Abmessungen dargestellt. Die Geruchsbelästigung der Patienten mit Analtampon durch diffundierende Darmgase war Anlaß zu den beschriebenen experimentellen Untersuchungen.

Ein Wirkstoff mit geruchlöschenden Eigenschaften durch chemische Bindung der Riechstoffe wird vorgestellt und auf seine Verwendungsmöglichkeit für die Analtampon-träger geprüft. In sieben Versuchsreihen wurden mit einer von uns erstellten Versuchsanordnung 71 Tampons unter verschiedenen Bedingungen gemessen und die Absorption von  $H_2S$  aus einem Gasgemisch bestimmt. Neben der einfachen Handhabung des Wirkstoffes wurden sehr gute Ergebnisse mit einer Absorption von ca. 99 % des Schwefelwasserstoffes festgestellt. Da der Wirkstoff dermatologisch und toxikologisch unbedenklich ist, erwarten wir durch seine Anwendung eine wesentliche Minderung der Geruchsbelästigung und damit eine Verbesserung für den Patienten. Die Arbeit endet mit einer Zusammenstellung der experimentellen Ergebnisse.

# IX. LITERATURVERZEICHNIS

---

1. Blessing, H., Deucher, F.: Levatorlösung zur Inkontinenzkorrektur. *Helv. chir. Acta* 39, 837 (1972).
2. Bock, R., Puff, H.-J.: Bestimmung von Sulfid mit einer Sulfidionen-empfindlichen Elektrode. *Z. Anal. Chem.* 240, 381 (1968).
3. Brandesky, G.: Elektromyographische Untersuchungen der Gracilisplastik nach Pickrell. *Z. Kinderchir.* 9, 220 (1970).
4. Brandesky, G.: Kontinenzverbessernde Operationen im Kindesalter. *Wiener klinische Wochenschrift* 87, 541 (1975).
5. Braun - Falco, O.: Zink- ein neues Dermatotherapeutikum. *Münch. med. Wschr.* 119, 7 (1977).
6. Braun - Falco, O., Liebe von, V.: Zinktherapie der Acrodermatitis enteropathica. *Münch. med. Wschr.* 119, 37 (1977).
7. Deucher, F., Blessing, H.: Prolaps und Sphincterinsuffizienz. *Langenbecks Arch. Chir.* 332 (Kongreßbericht 1972).
8. Engels, W., Parks, A.G.: Reinterventionen im Analbereich. *Der Chirurg* 47, 28 (1976).

9. Engels, M.: Modifizierte Gracilisplastik.  
Z. Kinderchir. 28, 181 (1979).
10. Fischer, M., Hamelmann, H.: Dehnung oder Sphincter-  
tomie als Behandlung der primär-chronischen Anal-  
fissur. Der Chirurg 49, 215 (1978)
11. Fischer, M., Thermann, M., Hamelmann, H.: Manometrische  
Untersuchungen des Analkanals bei der primär-chronischen  
Fissur vor und nach der Behandlung durch Dehnung oder  
Sphincterotomie.  
Der Chirurg 49, 111 (1978).
12. Fritz, W., Schober, K.L.: Erfahrungen mit der Gracilis-  
plastik zur Behandlung der Incontinentia alvi im Kindes-  
alter. Zbl. Chir. 97, 763 (1972).
13. Goligher, I.C.: Surgery of the Anus, Rectum and Colon.  
London 1974.
14. Grillo-Werke AG: Grillocin<sup>R</sup>, der geruchslöschende  
Wirkstoff.
15. Gromball, J.: Der künstliche Enddarmverschluss:  
Experimentelle Untersuchungen, klin. Ergebnisse.  
Originalarbeit.
16. Grotte, G.: Inkontinenz durch Autotransplantat behoben.  
Praxis-Kurier 15, 6 (1978).
17. Haberkorn, S., Chrispin, A., Nixon, H.H.: Assessment  
of Fecal Incontinence by Manometrie and Radiological  
Techniques. Journal of Pediatric Surgery 9, 43 (1974).

18. Häring, R., Karavias, Th., Konradt, I.: Die posteriore Proktorectomie. *Der Chirurg* 49, 265 (1978).
19. Hager, Th., Flügel, M., Kult, H.: Erfahrung mit dem Erlanger Magnetverschluß. *Der Chirurg* 48, 457 (1977).
20. Hansen, H.H.: Die Bedeutung des Musculus canalis ani für die Kontinenz und anorectale Erkrankungen. *Langenbecks Arch. Chir.* 341, 23 (1976).
21. Hakelius, L.: Free Autogenous Muscle Transplantation In Two Cases of Total Anal Incontinence. *Acta Chir. Scand.* 141, 69 (1975).
22. Hakelius, L., Gierup, J., Grotte, G., Jorulf, H.: A New Treatment of Anal Incontinence in Children: Free Autogenous Muscle Transplantation. *Journal of Pediatric Surgery* 13, 77 (1978).
23. Hakelius, L., Nyström, B.: Blood Vessels and Connective Tissue in Autotransplanted Free Muscle Grafts of the Cat. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 9, 87 (1975).
24. Hakelius, L., Nyström, B.: Histochemical Studies of End-Plate Formation in Free Autologous Muscle Transplants In Cats. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 9, 9 (1975).
25. Hakelius, L., Nyström, B., Stalberg, E.: Histochemical and Neurophysiological Studies of Autotransplanted Cat Muscle. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 9, 15 (1975).

26. Hakelius, L., Stalberg, E.: Electromyographical Studies of Free Autogenous Muscle Transplants in Man.  
Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. 8, 211 (1974).
27. Hartl, H.: Modifizierte Gracilisplastik.  
Pädiatr. u. Pädol., Suppl. 2, 99 (1972).
28. Hecker, W. Ch.: Die Gracilis-Plastik in der Behandlung der Inkontinentia alvi.  
Pädiatr. u. Pädol., Suppl. 2, 93 (1972).
29. Hecker, W. Ch., Daum, R.: Inkontinenz nach Atresia ani et recti. Münch. med. Wschr. 43, 2202 (1969).
30. Helmer, F., Howanietz, L., Medricki, O.: Erfahrungen mit der Gracilis-Plastik.  
Pädiatr. u. Pädol., Suppl. 2, 108 (1972).
31. Hockerts, Th., Böttger, G., Engel, W.: Chirurgie des Colon und Rectum im Kindesalter.  
Der Chirurg 42, 17 (1971).
32. Holle, J., Freilinger, G., Mamoli, B., Spängler, H.P., Braun, F., Krenn, R.: Neue Wege zur chirurgischen Rekonstruktion der analen Sphinctermuskulatur.  
Wiener med. Wschr. 50, 735 (1975).
33. Holschneider, A.M.: Elektromyographische Untersuchungen der Musculi sphincter ani externus und internus in Bezug auf die anorectale Manometrie.  
Langenbecks Arch. Chir. 333, 303 (1973).

34. Holschneider, A.M., Lahoda, F.: Elektromyographische und elektromanometrische Untersuchungen zur Gracilis-Plastik nach Pickrell. Z. Kinderchir. 14, 288 (1974).
35. Holschneider, A.M., Metzler, W.M.: Elektromanometrische Untersuchungen der Kontinenzleistung nach rektoanalen Fehlbildungen. Z. Kinderchir. 14, 405 (1974).
36. Holschneider, A.M., Pöschl, U., Kraeft, H., Hecker, W. Ch.: Pickrell's Gracilis Muscle Transplantation and its Effect on Anorectal Continence. A five Year Prospective Study. Z. Kinderchir. 27, 135 (1979).
37. Holschneider, A.M., Schauer, A., Meister, P.: Ergebnisse der Sphincteromyotomie bei Analsphincter-achalasien. Der Chirurg. 47, 294 (1976).
38. Holtmeier, H.-J., Kuhn, M., Rummel, K.: Zink- ein lebenswichtiges Mineral. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH, Stuttgart (1976).
39. Kaiser, G., Reuter, J.: Betrachtungen zum anorektalen Druckprofil. Z. Kinderchir. 19, 38 (1976).
40. Kneer, O.: Experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung des anorektalen Druckprofils bei Kindern mit gestörter Innervation und Kontinenz. Dissertation, Erlangen (1974).
41. Körner, K.: Eine vereinfachte Methode der anorektalen Manometrie. Z. Kinderchir. 28, 113 (1979).

42. Körner, K.: Eine vereinfachte Methode zur rektalen Druckmessung und Sphinkterfunktionsprüfung.  
Z. Kinderchir. 23, 81 (1978).
43. Kottmeier, P.K.: A physiological approach to the problem of anal incontinence through use of the levator ani as a sling. Surgery 60, 1262 (1966).
44. Kottmeier, P.K., Dziadliw, R.: The Complete Release of the Levator Ani Sling in Fecal Incontinence.  
Journal of Pediatric Surgery 2, 111 (1967).
45. Kuschinsky G.: Zink als Arzneimittel.  
Deutsches Ärzteblatt 51, 3463 (1975).
46. Levitt, M.D.: Volume and Composition of Human Intestinal Gas Determined by Means of an Intestinal Washout Technic. The New England Journal of Medicine 284, 1394 (1971).
47. Levitt, M.D., Bond, J.H.: Volume, Composition and Source of Intestinal Gas.  
Progress in Gastroenterology 59, 921 (1970).
48. Lowicki, N., Sidillo, M., Neunhoeffler, O.: Ein neues Prinzip der Desodorierung.  
fette - seifen - anstrichmittel 75, 647 (1973).
49. Lowicki, N., Sidillo, M., Neunhoeffler, O.: Toxikologische und hautspezifische Eigenschaften des Grilloclin.  
fette - seifen - anstrichmittel 76, 136 (1974).

50. Meyer - Rohn, J.: Experimentelle und klinische Untersuchungen zur desodorierenden Wirkung von Grillocin. Parfümerie und Kosmetik 57, 239 (1976).
51. Morie, G.P.: Determination of Hydrogen Sulfide in Cigarette Smoke with a Sulfid Ion Electrode. Tobacco Science 107, 34 (1971).
52. Mühe, E., Hager, Th., Groitl, H.: Die Wiederherstellung der analen Sensibilität nach Whitehead- und Durchzugsoperationen. Chir. Praxis 25, 653 (1979).
53. Nixon, H.H.: Possibilities in the Treatment of Anal Incontinence. Pädiatr. u. Pädol. Suppl. 2, 87 (1972).
54. Nixon, H.H., Purl, P.: The Results of Treatment of Anorectal Anomalies: A Thirteen to Twenty Year Follow-up. Journal of Pediatric Surgery 12, 27 (1977).
55. Orion Research: Analytischer Methoden-Führer. 9. Ausgabe (1979).
56. Orion Research: Bedienungsanleitung Orion Sulfid-Elektrode ( $S^{2-}$ ).
57. Pickrell, K.L., Broadbent, T.R., Masters, F.W., Metzger, J.T., Durham, N.C.: Construction of a Rectal Sphincter and Restoration of Anal Continence by Transplantating the Gracilis Muscle. Annals of Surgery 135, 853 (1952).

58. Pickrell, K.L., Georgiade, N., Maguire, C.,  
Crawford, H., Durham, N.C.: Gracilis Muscle Transplant  
for Rectal Incontinence. Surgery 40, 349 (1956).
59. Puri, P., Nixon, H.H.: Levatorplasty: A Secondary  
Operation for Fecal Incontinence Following Primary  
Operation for Anorectal Agenesis. Journal of  
Pediatric Surgery 11, 77 (1976).
60. Puri, P., Nixon, H.H.: The Internal Anal Sphincter in  
Translevator (Low) Anal Anomalies. Journal of  
Pediatric Surgery 11, 553 (1976).
61. Raffensberger, J.: The Gracilis Sling for Fecal  
Incontinence. Journal of Pediatric Surgery 14, 794  
(1979).
62. Rehbein, F.: Kinderchirurgische Operationen.  
Hippokrates Verlag, Stuttgart (1976).
63. Reichmann, W., Stücker, F.J.: Chirurgische Behandlungs-  
verfahren der Sphinkterinsuffizienz. Der Chirurg 41,  
159 (1970).
64. Riedl, A.: Der heutige Stand der anorektalen Manometrie  
bei Kindern. Dissertation, Erlangen (1977).
65. Riedler, L.: Die laterale subtotale Tomie des analen  
Sphinkterapparates. Der Chirurg 50, 728 (1979).
66. Riedler, L., Gschnitzer, F., Putz, R.: Drainageabhängige  
Kontinenzstörung nach tiefer vorderer Rektumresektion.  
Der Chirurg 48, 541 (1977).

67. Riedler, L., Hinterhuber, H.: Zur Lebensproblematik der Dauer-Kunstafterträger. Der Chirurg 50, 569 (1979).
68. Rohen, J.W.: Funktionelle Anatomie des Menschen. Schattauer Verlag, Stuttgart - New York (1977).
69. Rohen, J.W.: Topographische Anatomie. Schattauer Verlag, Stuttgart - New York (1977).
70. Romen, W., Schmidt, E., Bruch, H.-P., Rothhammer, A.: Morphologische Befunde an freien autologen Darm-muskeltransplantaten als Sphinkterersatz. Der Chirurg 50, 379 (1979).
71. Rüedi, Th.P., Allgöwer, M.: Sphinkterotomie nach Eisenhammer bei gutartigen Analleiden. Der Chirurg 41, 150 (1970).
72. Sartori, P.: Einige Betrachtungen zur Wirkung von Metall-Ricinoleaten als geruchslöschende Agentien. Parfümerie und Kosmetik 56, 167 (1975).
73. Schärli, A.F., Kieseewetter, W.B.: Defecation and Continence. Dis. of the Colon and Rectum 13, 81 (1970).
74. Schmidt, E.: Die chirurgische Behandlung der analen Inkontinenz mittels freitransplantierte, autologer, körpereigener Darmmuskulatur. Der Chirurg 49, 320 (1978).
75. Schmidt, E., Bruch, H.-P.: Dickdarmmuskelautotransplantation zur Behandlung der Incontinentia alvi. Z. Kinderchir. 27, 187 (1979).

76. Schmidt, E., Bruch, H.-P., Greulich, M., Rothhammer, A., Romen, W.: Kontinente Colostomie durch freie Transplantation autologer Dickdarmmuskulatur. Der Chirurg 50, 96 (1979).
77. Schmidt, E., Pelper, U.: The Importance of the Initial Stretch for the Activation of the Isolated Vascular Smooth Muscle. Pflügers Arch., Suppl. 332, 75 (1972).
78. Schwedler, T., Erichsen, K.: Die Gracilis-Plastik bei der Stuhlinkontinenz. Langenbecks Arch. Chir. 339, 451 (Kongreßbericht 1975).
79. Schweiger, M., Schellerer, W., Juypers, G.: Kontinenz nach tiefer Rectumresektion. Langenbecks Arch. Chir. 343, 281 (1977).
80. Stelzner, F.: Einige Fortschritte auf dem Gebiet der anorectalen Chirurgie. Der Chirurg 41, 155 (1970).
81. Stelzner, F.: Die anorectale Inkontinenz. Der Chirurg 48, 451 (1977).
82. Stelzner, F.: Die verzögerte Heilung und die Kontinenz nach Eingriffen bei anorektalen Fisteln. Der Chirurg 46, 128 (1975).
83. Stelzner, F.: Kontinenz, Superkontinenz und Inkontinenz im Anorektalbereich. Dtsch. med. Wschr. 90, 2275 (1965).
84. Stelzner, F.: Krankheiten des anorektalen Kontinenzorgans. Internist 14, 283 (1973).

85. Stelzner, F., Baumgarten, H.G., Holstein A.F.:  
Die Bedeutung des Sphincter ani internus für die  
Kontinenz und Superkontinenz. Langenbecks Arch.  
Chir. 336, 35 (1974).
86. Satalf, L.O., Levitt, M.D.: Follow-up of a Flatulent  
Patient. Digestive Diseases and Sciences 24, 652  
(1979).
87. Thompson, N.: Autogenous Free Grafts of Skeletal Muscle.  
Plastic and Reconstructive Surgery 48, 11 (1971).
88. Thompson, N.: Investigation of Autogenous Skeletal  
Muscle Free Grafts in the Dog. Transplantation 12,  
353 (1971).
89. Wedell, J., Griesenbeck, K.: Verhalten des sphincteren  
Verschlußapparates nach kontinenzerhaltenden Rektum-  
Operationen. Zbl. Chir. 100, 985 (1975).
90. Willital, G.H.: Klassifikation der anorektalen Anomalien,  
Operationsindikation. Z. Kinderchir. 14, 54 (1974).
91. Willital, G.H., Groitl, H., Zeisser, E., Riedl, A.:  
Fortschritte in der Diagnostik funktioneller Störungen  
des Enddarms bei Kindern - chirurgische Konsequenzen.  
Mschr. Kinderheilk. 125, 2 (1977).
92. Willital, G.H.: Atlas der Kinderchirurgie.  
F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart - New York (1981).

Herrn Professor Dr. med. F.P. Gall danke  
ich für die Möglichkeit der Durchführung  
der Arbeit an seiner Klinik.

Besonders herzlich danke ich Herrn  
Prof. Dr. med. G.H. Willital für seine stete  
Hilfsbereitschaft und seine wertvollen Rat-  
schläge bei der Durchführung der Arbeit.



## L E B E N S L A U F

Am 5. 3. 1958 wurde ich, Josef Plötz, als Sohn des Postbeamten Josef Plötz und seiner Frau Elisabeth, geb. Lindmeier, in Plattling ( Niederbayern ) geboren.

Von 1964 bis 1968 besuchte ich die Grundschule in Plattling.

Im Herbst 1968 trat ich in das humanistische Johannes-Turmair-Gymnasium in Straubing ein.

Nach vier Jahren an dieser Schule entschied ich mich für den neusprachlichen Zweig und machte dort, als letzter Jahrgang vor Einführung der Kollegstufe, 1977 das Abitur nach der alten Prüfungsordnung.

Im Wintersemester 1977/78 schrieb ich mich für das Studium der Humanmedizin an der Universität Erlangen-Nürnberg ein.

Es folgte 1979 das Physikum, 1980 der erste Abschnitt, 1982 der zweite Abschnitt und 1983 der dritte Abschnitt des medizinischen Staatsexamens.

Die Ausbildung im praktischen Jahr erfolgte in den Fächern Chirurgie ( Amberg ), Innere Medizin und Anästhesie ( Erlangen ).

Die mündliche Abschlußprüfung in den genannten Fächern bestand ich am 5. 12. 1983 in Erlangen.









